المعادن و الصخور و الحفريات



أ. د. محمد فتحي عوض الله

الهيئة المصرية العامة للكتاب

المعادن والصخور والحفريات

أ. د. محمد فتحى الله



الهيئة المصرية العامة للكتاب
١٩٩٤

بسم الله الرحمن الرحيم

مقدمـــة

الحمد لله .. وبعـــد

... فهذا هو كتابى الثالث والعشرون فى التبسيط العلمى للجيولوجيا . وتقوم دور ألنشر العالمية وبخاصة « جون ويلى » بنيويورك و « هاملين » بانجلترا بتقديم مثله للهواة ، فى سلسلة « علّم نفسك » . وإن دلّ هذا على شىء . فإنما يدل على حب العلم عند هؤلاء القوم ، شيباً وشباباً ، على اختلاف المشارب الثقافية .. وحتى تتأصل عند البعض هواية قراءة وجمع عينات للعلوم المختلفة ، وبخاصة المعادن والصخور والحفريات ، فى حالتنا هذه ، دون تخصص .

* * *

.. ولقد تمنيت أن أقدم مثل هذا الكتاب لشبابنا ، هاوياً أو دارساً ، وهو كتاب نحن فى غنى عن أن نقول انه خلاصة لفروع شتى من علم الجيولوجيا ، ولكتب عديدة وبحوث فى ذاك المجال ، عسى شبابنا أن يجد فيه المتعة الذهنية والعلمية ، أو عساه أن ينحو ذاك المنحى ، ولئن فعل ، فإنّا نكون قد خطونا أولى الخطى بلوغا للألف ميل.

فى دنيا العلم .. والحياة . نقول ذلك ، خاصة وأن فى دنيا المعادن ، معادن دُرست وسُميت بالعربية ، وفى دنيا الصخور ، صخور تسمت عالميا بمسميات بلادنا كالأحجار النوبية والصخور الأسوانية (سيانايت) . وفى دنيا الحفريات ، النميات الجيزاوية التى أعطت أعظم بناء فى العالم — الهرم .

* * *

.. انها كما ترى أمنية ، ولو تحققت لكانت أحسن المنى ..
.. وذاك ما قصدت .. والله من وراء القصد ..
.. ودائما ، رب انى لما انزلت إلى من خير فقير ..
.. وتوج اللهم اعمالنا دنيا .. ودين .. بحسن الثواب ..
(ما شاء الله ، بالبقاشين ١٩٩٠)

استاذ دكتور
محمد فتحى عوض الله
رئيس قسم الجيولوجيا ببنها
والحائز لجائزة الدولة

الباب الأول

نقطة البداية

تعتبر المعادن والصخور والحفريات ذوات أهمية لا تنكر ، لأسباب عديدة . وهواية الحصول على عينة نادرة بها ألق وبريق ، أو شكل هندسى يلفت فيبهر ، أو لون قزحى يفحم بجماله فرشاة المخلوق عن محاكاة الخالق ، أقول إن انشقاق الثرى عن عينة كهذه من صخر الأرض ومعدنه ، ليُعد أمراً ذا بال عند الكثيرين ممن يعشقون الجمال ويقدرون حسن المظهر وجمال الشكل وروعة اللون . . كل ذلك لا مشاحة يخلب البصر والفؤاد ، بله العقل الذى تطير به على جناحى الخيال ، حفرية تنبىء عن قصة الأمس . . وكم يتوق الإنسان إلى قصة الأمس ، قريبه والبعيد . إن غالبية المجوهرات التى اتخذها الإنسان حلية يلبسها ويزين بها صدور الغيد ممن يتخذنهن لباساً ، هى فى الحقيقة بعض معادن الأرض . بل أننا لا نقول شططاً إذا استعدنا إلى الأذهان الإنسان الأول ، ذكره وأنثاه ، حيث كان يتخذ بعض أحجار الأرض البسيطة حلية ، ومن حمرة بعض أكاسيد الحديد ، ما يصبغ به شفتيه ، ومن سواد أكاسيد المنجنيز كحلاً تستزيد به عيون الإناث

حوراً . . كان الانسان الأول يتخذ من ظران الأرض سهاماً ليصطاد فريسته ، وكانت إناثه يستعن بأكاسيد الأرض ليسلحن عيونهن بسهام يصطدن بها فريستهن من الذكران . . بجانب الحلى والزينة التى استعرضها الانسان يوم الزينة المشهود عند الفراعنة واليهود . . بل وكل يوم زينة حتى يوم الناس هذا ، فقد تلفت بعض الناس قطع الصخور من أجل صقلها أو تشكيلها تمثالا أو صنماً ، والرضى من بعد بما تصبح عليه من جمال ، وما يظهره صقلها من ابداع واجدها وخالقها ، ثم متعة العقل والفكر بما يكشف عنه هذا وذاك من معرفة بالبيئة .

ويعتبر الجيولوجيون — وهم دارسو علم الأرض — هواة ومحترفون — أن تاريخ المعادن والصخور والحفريات إنما هو امتداد لتاريخ الأرض ، وأن كل إضافة لمعارفهم عن ذلك هى خطوة فى رحلة الكشف عن الغموض المدلهم فى غياهب تاريخ الأرض ، أو شمعة تسهم فى تبديد ظلمات المنهج الاستردادى الذى به يدرسون ، وصولاً إلى نقطة البداية . . فالإنسان ، كل إنسان ، رُكبت فيه جِبُلة حُب الاستطلاع واستشراف الغيب . . ماذا كان ؟ وكيف كان ؟ فما أشهدهم الله خلق السموات والأرض ولكن قال لهم ـ سبحانه ـ سيروا فى الأرض فانظروا كيف بدأ الخلق وانتشروا فى الأرض من بعد صلاة . .

علم الجيولوجيا إذن — وهوايته — علم يُشبع عند الإنسان إحدى غرائزه ، وما أجمل أن يحس الانسان بالشبع عقلاً أو بطناً أو . . وتعتبر الصخور وما حوت من معادن وحفريات تنتظمها ، سطوراً فى كتاب الزمان القديم أو كلمات فى سفر التكوين ، إشارات يمكن أن تنبىء عن تاريخ مضى لمنطقة من الأرض . . كيف كانت فى الماضى ؟ وكيف كان مناخها وماذا كانت تنبت من نبات وماذا كان يعيش فيها من سائمات ؟ . . وبهذا نقول ، حقا ، فإن الصخور صحائف من كتاب الزمان لا يقرؤها إلا العالمون . . والهاوون . .

وهكذا ، فقد تتعدد أسباب هواية جمع عينات من الصخور والمعادن والحفريات ، ولكن المؤكد أنه إذا ما تغيّاها دارس أو بدأها هاوٍ ، فستجذبه إلى أبعد من ذلك وأبعد ،

ولن يكون فى مقدوره من بعد أن يُمسك أو يتوقف عنها . . فالتاريخ حلقات وكلما امسك بحلقة ، اشتد شوقه لما بعدها .

وإذا ما لفتتك — عزيزى القارىء — تلك الأمور وكنت ممن يتطلعون إلى معرفة بعض فصول قصة الأمس ، أو ممن يجيدون التأمل والتفكر والتدبر فى خلق الله ، فنحن هنا نأخذ بيدك فى هذا الكتاب ، لنمشى سوياً فى مناكبها ، ولنتأمل ما على الأرض من رواسى لا نبلغها طولاً ، ولننظر فى طباق الأرض وإن لم يكن بمكنتنا أن نخرقها . . ولنصعد الجبال فنرى ما فيها من جُدد بيض وحمر مختلف ألوانها ، وغرابيب سود ، وما فى هذه وتلك من صخور ومعادن وحفريات بلوغاً إلى بدايات « الحدوتة ».ومن منا لم يُشغف « بالحدوتة » ولم يزل . . ولنر كيف ينزّل الله المعادن للناس كما نزّل الحديد فيه بأس شديد . . ونضيف ، ومنافع جمة ، فالحديد هو العمود الفقارى لحضارة الانسان فى يومه وغده . . ومن خلال صفحات هذا الكتاب ، نأمل أن تعلم ما لم تكن تعلم من الأمور الأساسية فى مثل تلك المجالات ، كأن تجيد التعرف وتتقن تسمية المعادن والصخور والحفريات الشائعة . . وكيف تتكون تلك الأشياء وأين ومتى ؟ لعلك بالغ عتبات النشأة الأولى ولن تبلغها إلا بسلطان المعرفة والفكر والقراءة والجهد . . وعندها صدقنى ، ستدرك معنى الحياة وقيمتها . . بالفكر لا بالمال ، فالفكر يجعل البصر حديدا . . والمال يهيل عليه التراب . .

من أين نجمع عينات المعادن والصخور والحفريات ؟

بشكل عام فإن المعادن والصخور والحفريات يمكن أن توجد فى أى مكان وفى كل مكان . ولكن يتبقى فقط أن ما يُسمى بالوضع الجيولوجى لكل منطقة هو الذى يحدد نوعية تلك الأشياء ، وامكانية تحديد مواقع التواجدات المفيدة فى البيئة التى يحيا فيها من يريد جمع مثل تلك العينات . وكهاوٍ أو دارس مبتدىء ، فإن طريقك للنجاح فيما تهوى أو تدرس هو معرفة ماذا تفعل ؟ واين تفعل ؟ وكيف تفعل ؟ ولعل أيسّر السبل إلى ذلك

هو استشارة أهل الخبرة فى هذا المجال ، أو التحاقك بنادٍ من نوادى العلوم أو القراءة .

وسيلزم الهواة والدارسين لهذه الأمور أدوات بعينها تساعد على تمام الفائدة وتيسير العمل لمرتاديه :

١ ــ أول ما يحتاجه جامعو عينات الصخور والمعادن والحفريات هو ما يسمى بالشاكوش أو المعول أو المستخرج الجيولوجى (Geological Pick) وهو يختلف فى نوعيته ومادته باختلاف الصخور التى سيعمل عليها . فهناك الشاكوش ذى الطرف المدبب من إحدى جانبيه ، بينما الجانب الآخر رأسٌ عريضة . ومثل ذلك ، يلزم لإزالة وتكسير أو تشكيل الصخور ، بينما الطرف المدبب لاستخراج المعادن أو الحفريات من القطع الصخرية بعد تكسيرها .

٢ ــ العدسة اليدوية (Hand lens) لتساعد فى التعرف على المعادن والمكونات الصخرية الصغيرة وكذا الحفريات الدقيقة ، حيث إن بعض الاشكال البلورية للمعادن ، أو الخواص التماسكية لها ، يصعب تبينها بالعين المجردة ؛ إن لم يكن استحالة ذلك على الاطلاق . ليس ذلك فقط ، بل حتى فى الحفريات الكبيرة نوعاً ، توجد بعض التفاصيل الدقيقة التى لا بد لرؤيتها من عدسة يدوية تساعد العين المجردة على استكشافها فى الحقل والتعرف عليها . وخير ما يساعد فى ذلك عدسة ذات قوة تكبير عشرة أضعاف (10x)، تحفظ فى الجيب أو تعلق فى الرقبة عند الرحلات الحقلية مما يسهل تناولها ، ويساعد على امكانية استخدامها فى سهولة ويسر ، كما يقلل من فرص فقدانها .

٣ ــ حقيبة حقل أو « جربندية » (Collecting bag or knapsac) وهذه تُعد من أساسيات وضروريات الرحلات الحقلية أو الخلوية ، وخاصة إذا ما كانت بهدف جمع عينات من الصخور والمعادن والحفريات ، فهى تساعد على حمل اكبر قدر من العينات ، وتوفر الكثير من الوقت فى التردد ما بين مكان الجمع ووسائل مواصلاتك .

٤ ــ مواد تغليف (Wrapping Material) من أكياس قماش أو ورق لحفظ العينات وخاصة الهشة منها أو الدقيقة أو الثمينة ، ولفصلها بعضها عن بعض خشية أن تُخدش أو

تلوث ، مع امكانية الكتابة عليها بالاقلام الخاصة لتسجيل البيانات الهامة عن كل عينة على حدة ، فلا تُنسى أو تختلط .

٥ ـــ دفتر ملاحظات (Field Notebook) ويعتبر هو أيضا من لزوميات الرحلات الحقلية لجمع عينات من الصخور والمعادن والحفريات . ولا بد أن يكون فى حجم وشكل يجعل تداوله سهلاً وحمله ميسوراً . وفيه تدون كل المعلومات . . كل المعلومات صغيرها وكبيرها ، بل حقيرها وأهمها ، عن الموقع ، وتاريخ الرحلة ، ونوعية التواجد والمكاشف ، وماهية الصخر الحاوى أو الذى أخذت منه العينة ، وعمره الجيولوجى إذا كان معروفاً ونوعية وشكل ما جُمع من عينات . . استطراداً إلى كل البيانات التى يمكن أن تلزم الدارس بعد ذلك ، بمافيه تخطيط كروكى للموقع . . ولا أبالغ إن قلت إن تدوين حتى بعض الأحداث الشخصية سيكون مفيداً ، فالمحصلة أن تتذكر بعد سنين ما قد يلزم أن تعود إليه يوماً ما . .

بجانب كل ذلك ، وفوقه ، فمن الممكن أن يستعين الدارس أو الهاوى لجمع عينات الصخور والمعادن والحفريات بأشياء أخرى مثل آلة التصوير ، أو كتاب أو خريطة مُرشدة فى مثل تلك الأمور . فالخريطة الطبوغرافية والأخرى الجيولوجية عن المنطقة المرتحل إليها ، أمر أهميته غير منكورة ، ثم شريط لاصق . . وقد يلزم أيضا بعض من حامض الايدروكلوريك المخفف ١٠٪ لإجراء بعض التجارب البسيطة الكيميائية الوصفية الأولية بغرض التعارف المبدئى فى الحقل على بعض خواص ما يجمع من عينات ، وبخاصة تحديد ما إذا كان معدن مثل الكالسايت أو الدولومايت موجوداً من عدمه .

إرشادات عامة :

قبل جمع أية عينات صخرية أو معدنية أو حفرية ، عليك أن تتأمل بعين فاحصة دربة ، ما تريده وما تتغيَّاه بالضبط . . ثم ما تتمنى أن تجمعه أو تحصل عليه . ومن

ثم ، فإن أية رحلة حقلية ، إنما تبدأ حقيقة من البيت بل من المكتب ، بما تتخذه من قرار ، وما تعمله من استعدادات . . ثم فى الحقل ، فإن حُسن التصرف والحيطة والخبرة غير ذات نكر . فالحذر من حجر ساقط ، أو البعد عن العمل أسفل آخرين عند تسلق الجبال والمنحدرات ، وكذا استخدام الأدوات المناسبة تماما ، كل فى موضعها ، كلها أمور مما يجدر الانتباه اليها . فكن عزيزى الدارس — أو الهاوى — حذراً عند تكسير الصخور وعند قطع أو شطف أو تشذيب القطع الصخرية الصلدة الجامدة ، فقد تصاب العين بشظية تتلفها ، أو يجرح الأصبع أو يطير الظفر . . فعادة ، يكون جمع العينات الصخرية والمعدنية والحفرية من الجبال والصحارى . . وهى فيها ما فيها . . ومن ثم ، يُلفت النظر إلى أخطار قد تنجم عن وجود حشرات أو زواحف (كالطريشة والثعابين والعقارب السامة) بل نتهادى فنقول من خبرتنا الشخصية لا ترفع حجرا عن حجر دون حيطة وحذر ، فقد يكون الموت متربصاً تحت أى منها . كذلك انتبه فمن النبات ما هو سام ومن ماء الآبار ما هو سام ومن الحيوان ما هو مفترس غير مأمون الجانب . . فتعلّم عنها وتجنبها لتأمن شرورها .

وإذا ما نظرنا حولنا فى بلادنا ، لقلنا ان جمع عينات صخور ومعادن وحفريات لا يتيسر فى مصر إلا من صحاريها البالغة ٩٦٪ من كل مساحتها . . فماذا تعلم عنها ياعزيزى ؟

بداية ، ما الصحراء ؟ . .

هى منطقة جرداء تغطى الرمال الجانب الأكبر منها . وتقوم بها حياة نباتية وحيوانية جد قليلة ومتكيفة . أما الصحارى ذات الارتفاع الكبير التى تغطى الثلوج بعضها دائماً ، فلا تحسب عادة مع صحارى الأقاليم الدفيئة . تغطى الصحارى خمس مساحة اليابسة وتقع أكبر الأقاليم الصحراوية بين خطى عرض ٢٠ و ٣٠ درجة شمال وجنوب خط الاستواء ، حيث تصد الجبال الرياح التجارية الممطرة . . ، أو بسبب الضغط الجوى المرتفع تيارات هوائية هابطة . ومن عوامل تكوين الصحارى أيضا حرارة

الشمس المرتفعة ونسبة البخر العالية ، ونسبة المطر السنوى الضئيلة . وتعتبر أوربا القارة الوحيدة الخالية من الصحارى إلا بعض الأقاليم شبه الصحراوية ، حول البحر الأسود وبحر قزوين ، وفى أوكرانيا وشمال القوقاز . أما أكبر صحارى العالم فهى الصحراء الكبرى فى افريقيا ، تليها الأقاليم الصحراوية بوسط استراليا وجنوبها . وتتميز أوراق النباتات الصحراوية بقلة النتح والبخر ، وتمتد جذورها المتشعبة إلى مدى ١٥ متراً . أما حيوان الصحراء فيشمل عموماً الغزلان والثعالب والجرزذان والثعابين والعناكب والزواحف .. الخ .

أما مصر ، فالمظاهر السطحية لها ترسم اللون الأصفر على غالبية من مساحتها بما يوحى أنها — صحارى مصر — ليست إلا كثباناً ورمالاً تترامى هنا وهناك من حول نهر النيل . فالصحراء الغربية متسع هائل وكبير — تميزت بما فيها من بحر الرمال — ويكفى ذلك اسماً وتعبيراً عن التصور الخاطىء لحجم الرمال بها . ولكن واقع البحث العلمى الجيولوجى أثبت أن الجزء المغطى بالرمال فى صحراء مصر الغربية لا يزيد عن تُسع مساحتها . أما الصحراء الشرقية ، فجبال البحر الأحمر أبرز سماتها والهضاب الجيرية من حولها من أوضح علاماتها ، بحيث ان الجزء المغطى بالرمال فى تراب مصر يكون جزءا جد صغير . ويتبقى من دونه هضاب الحجر الجيرى وجبال الجرانيت وأنواع الصخور النارية بعامة ، ومنخفضات نسبية من الحجر الرملى . وواقع الحال أنه مهما كبرت تلك المساحات وامتدت لاكثر من ٩٦٪ من المليون كيلو متر أو نحوها التى تشكل مساحة كل التراب المصرى ، فإن أهميتها ثانوية إذا ما قورنت باهمية الجزء الضئيل والمتبقى والمشكل لمنخفض وادى النيل الطويل والضيق ، والذى ارتبط اسمه باسم أقدم المدنيات طراً . ومجال البحث عن العينات والصخور والحفريات ليس الصحراء فقط وانما أيضا فى الوادى . ثم ، سيناء ، بمساحتها التى تزيد على مساحة دلتا النيل ، وبصخورها المتعددة الأنواع والأشكال . تسود الصخور الرسوبية فى شمالها ويتغطى ثلثها الجنوبى بالوعر والصلب والمتضرس من الصخور النارية .. ذاك هو التراب المصرى بين خطى عرض ٠٠′ ٢٢° ـ ١٥′ ٣١° شمالا وخطى طول ٠٠′ ٢٤° ـ ٠٠′ ٣٧° شرقا .
هل ترسبت طبقات التراب المصرى ، وتوتدت فى أعماقه جذور جبالها ، وانفجرت براكينها فأعطت أنواعاً من الصخور والمعادن تتعدد كماً ونوعاً ؟ هل كان ذلك فى

الماضى ، ثم هو باقٍ على حاله إلى اليوم ؟ لا . . وإنما تآكلت الأرض وانهارت الصخور وطغت بحار وانحسرت بحار ، وانخفضت هامات جبال وتعمقت أو تلاشت وديان ، وتغيرت الصورة فى كثير من عمومياتها وتفصيلاتها عما كانت عليه يوم كانت أول مرة . . عاشت كائنات واندثرت فبقيت منها الحفريات . . ظهرت صخور على السطح كانت مدفونة فى الأعماق . . تركزت معادن وتبلورت أخرى ، فصارت اليوم متعة للناظرين ، وسرور لمن رأى . .

تلك حال الجيولوجيا فى بلادنا ومن ثم كان الجهد الذى يتجشمه الدارس أو الهاوى لجمع عينات الصخور والمعادن والحفريات كبيراً . إنه عمل ربما لا يكون فى مقدور الأفراد العاديين ، وإنما هو من عمل الدارسين المحترفين للعمل فى تلك الصحارى الشاسعة بشكل عام . وربما أن ذلك لا يتيسر إلا من خلال بعثات تقوم بها الهيئات العلمية والجامعات .

تنظيف واعداد العينات الصخرية والمعدنية والحفرية :

الكثرة الكاثرة مما يجمع الدارس من عينات تحتاج أن تنظف وتُعد بطريقة سليمة وعلمية لكى ترقم وتوضع عليها البيانات الدالة عليها والموضحة لكيفية تواجدها فى الحقل . والنصيحة التى تُسدى هنا للعمل فى الحقل ، هى أن يكون الدارس حذراً فى تغليف عيناته وصيانتها حتى يعود بها إلى معمله سليمة وفى حالة جيدة . فعند جمع عينات من المعادن مثلاً ، يجب الحرص على عدم اتلافها أو تهشمها لأن فى ذلك اتلاف للبناء الذرى المعبّر عنه بالبلورة وأوجهها الهندسية المنتظمة ، وذلك عند استخراجها من مكامنها الصخرية ، أو عروق تواجدها ، ثم تلُف العينة فى ورق وتوضع فى أكياس من قماش سميك . وقد يلزم أن تلف العينة الهشة فى قطع من القطن قبل أن توضع فى الأكياس . كما أن عينات بعض المعادن الصلدة الصلبة ، من الممكن غسلها بالماء والصابون مع استخدام فرشاة كفرشاة الأسنان لتنظيفها جيداً وازالة كل عالق بها . وإذا ما أريد استخراج بلورة معدنية كاملة الأوجه من بيئتها الصخرية ، فإن قدراً كبيراً من

الحرص والاهتمام وكذا الأدوات الخاصة . . كلها تلزم تماما للحصول عليها سليمة . وسوف تحدد مهارتك مع قدرتك على ضبط النفس وحدة البصر والبصيرة وامتداد الصبر ، مدى نجاحك فى بلوغ مرادك . ومع أن كثرة من الصخور يكون إعداد العينات منها أيسر وأسهل مما هو الحال فى المعادن والحفريات ، إلا أن تشكيلها من بعد ، يمثل صعوبة لا شك فيها . هذا مع الأخذ فى الاعتبار أن تكون العينات الصخرية جميعها فى أحجام متقاربة لقبضة اليد Hand specimen واشكال متناسقة حتى يسهل تخزينها . فالتشكيل الجيد للعينة الصخرية إنما يتأتى بطرقها وتسويتها بالشاكوش الجيولوجى من أطرافها الزاوية ، حتى تتخلص من الأحرف المدببة والمسننة للحصول على شكل معين متناسق نوعاً . وهذا أمر يحتاج واقعياً إلى دربة ودراية ، لكنه فى النهاية يمكن بلوغه واتقانه ، وستكون النتيجة مستحقة لكل ما بذل فيها من جهد . وإذا ما كانت العينة صلبة فالماء والصابون والفرشاة تنظفها ، أما إذا كانت العينة قابلة للتحلل أو الذوبان فى الماء أو حتى التفتت ، ففرشاة دقيقة تكفى لإزالة ما يكون قد علق بها من أتربة . وفى الغالب الأعم ، فإن عمليات التنظيف تلك ستكون ثانوية لأنك يجب أن تحاول جمع عينات لم تتأثر بعد بعمليات التجوية والتعرية وهى ما تسمى عينات طازجة (Fresh Samples) تكون مأخوذة عادة من تحت السطح المجوى . فالصدأ عادة ما يشكل غطاءً عاماً للصخور . وكذلك أن يتأكسد الحديد فى تلك العينات فيعطى طلاء أو ورنيشاً للصخر أو المعدن (Tarnishing) . والصدأ يمكن إزالته عن بعض الصخور والمعادن على الأقل جزئياً بواسطة استخدام الفرشاة أو بعض الوسائل الطبيعية الأخرى ، بينما فى البعض الآخر يستلزم استخدام طرائق كيميائية خاصة ، كأن تُغمس العينة فى حامض الاوكساليك (Oxalic acid) وهو حمض مخفف لا يبلغ تأثيره جوهر العينة .

وفى حالة الحفريات ، فإن كثرة مما يجمع أى دارس قد تكون تأثرت بعمليات التجوية . بأكثر مما تتأثر به الصخور المحتوية لها ، ومن ثم ، فإن الحرص فى التقاطها أمر جد مطلوب ، ثم هى تُلف من بعد فى بعض أوراق الصحف و / او توضع فى اكياس من قماش بحسب حالتها وأهميتها أو ندرتها ، وبخاصة إذا ما كانت الحفريات هشة وقابلة للكسر والتفتت ، فإنه قد يفيد عندئذ تغطيتها بمادة بلاستيكية (ورنيش) مثلاً ، لتقويتها ، وبعد جفافه تُلف فى الورق . وكذلك فإنه من المفيد أيضا فى مثل تلك

الحالات أن تلتقط العينة الحفرية ، مع بعض من الصخر الحاوى لها أو المستضيف ، ليكون بمثابة الدرع الذى يحميها أو يقيها . وعـادة تتواجد بعض العينات الحفرية ، وبخاصة النباتية على شكل طبعات متفحمة على المستويات الطباقية للصخور (Bedding planes) ، حينئذ تغطى مثل تلك العينات بطبقة من الورنيش وتلف بالورق . وفى الصخور جيدة التطبق (Well Bedded) غالباً ما يعثر الباحث على الحفريات النباتية وغيرها ، بكسر تلك الصخور حيث تتشقق على مستوياتها الطباقية . وتنكشف الحفريات وتجمع عندئذ فى يسر وسهولة . فإذا ما كانت هناك طبعة نباتية ، عندئذ ينفخ السطح عدة مرات أو يُنظف بفرشاة رقيقة ليزول التراب ، قبل استخدام الطبقة البلاستيكية الواقية .

وعلى الدارس ألا يحاول أبداً — إبان تواجده فى الحقل — أن يخلص الحفريات شديدة الالتصاق بمضيفها الصخرى . وإنما بديلاً عن ذلك يجب استخدام الطرف المدبب للشاكوش الجيولوجى فى الحفر من حولها بدقة ، والتقاطها مع بعض مما يحيط بها من مادة الصخور ، ثم بعد ذلك تعمل محاولة على مهل وتؤدة للتنظيف فى المعمل ، حيث الظروف أفضل وأيسر وأنسب باستخلاص أدوات خاصة أكثر إمكانية مثل الإبر أو حتى بعض أدوات وأجهزة أطباء الاسنان إن لزم الأمر . وإذا ما فرض جدلاً أن العينة الحفرية قد تهشمت رغماً عنك أثناء محاولتك استخلاصها فى الحقل ، فاجمع شتاتها لعلك بستطيع تجميعها واسترجاع شكلها ولصق جزئياتها فى محاولة لاستعادة الشكل الأصلى فى معملك . وفى أحيان أخرى ، فإن الصدفة الأصلية للكائن الذى صار حفرية ، تكون قد أزيلت تماماً بعد أن تهرأت أو ذابت ، وتركت مكانها قالبا للعينة (Mold) وفى هذه الحالة فإن صبة العينة أو الكتلة من المادة الصخرية تملأ القالب الداخلى أو الخارجى لحفرية ما وتظهر عليها انطباعات تركيب هيكل الحفرية ، وفى كثير من الأحيان تكون الصبات فقيرة فى الدراسات الحفرية كالحفريات الكاملة نفسها (Cast) وفى هذه الحالة فإن صبة العينة يمكن إعادة انشائها بتنظيف القالب ثم تغطيته بطبقة رقيقة من الزيت وملء المكان بعجينة باريس (Plaster of Paris) وهو ما يسمى طلاء باريس أو الجبس الفارسى ، وبعد جفافها يمكن ببساطة وعناية ، كسر القشرة المحيطة ، حتى يتحرر القالب الجصى (Cast) أو الصبة . والمعتاد أن تتواجد الحفريات فى الصخور اللينة (Soft

(rocks مثل الطفل أو الطفال (Shale, Marl) أو فى فتات وكسرات الصخور التى لم تتصلد أو تتماسك بقوة بعد . وفى مثل هذه الحالة ، بدلا من أن تحاول استخلاص تلك العينات من صخور ما ، قد يكون من الأيسر حمل تلك المواد بما فى أحشائها من حفريات إلى المعمل حيث تتخذ خطى الاعداد والتنظيف على مهل وبالأدوات الأنسب لنوعية الدراسة التى تطلب . وأبسط طرق التنظيف فى مثل تلك الحالات ، هى أن تترك العينة مغمورة ليلة كاملة فى الماء والصابون . . وهذا على سبيل المثال سيزيل المادة الطينية السائبة أو المفككة من حول العينة . إذا لم تكن العينة هشة تماماً ، فإنه يمكن الاسترسال فى غسلها وتنظيفها بفرشاة أسنان مثلا . . وفى غالبية من العينات ، يستلزم التنظيف والغسيل عمليات أخرى وبخاصة لإزالة المادة الصخرية العالقة والماسكة بالعينة بشدة ، عندها يلزم استخدام شاكوش جيولوجى صغير مع مجموعة من نوعيات المنحات أو الأزميل والإبر الطويلة وربما مجموعة من المسابر (التى تجس غور الشىء) كتلك التى يستخدمها أطباء الاسنان تماما . . وبمثل مهارتهم ، تستخلص الحفريات . .

بعض الحفريات قد تستخلص مما يحتويها من صخور أو مادة صخرية ، أوقل . . قد تنظف منها ، باستخدام حامض مخفف . فمثلاً إذا كانت الحفرية قد عانت من عملية استبدال بمعدن غير كربوناتى (Replaced by noncarbonate material) ومحتواه فى حجر جيرى ، فإن ذاك الأخير يذوب ويزال تماما باستخدام حامض الايدروكلوريك المخفف ١٠٪ أو حامض الخليك (Acetic acid) كذلك لابد أن يكون بمقدور الدارس أن يزيل بعض النتوءات الكربوناتية (Carbonate overgrowths) أو بقايا الصخور عن الحفرية باستخدام قطّارة وحامض مع الحذر من بلوغ قطرة الحامض إلى الحفرية التى يلزم عندئذ ـ لو حدث ـ غسلها بسرعة بالماء .

كل هاتيك الطرق للتنظيف والاعداد المذكورة سلفاً ، إنما تنطبق على الحفريات الكبيرة (Mega - fossils) ، تلك التى تكون من الكبر بالدرجة التى تكفى لرؤيتها بالعين المجردة . أما ما دق من حفريات — الحفريات الدقيقة (Micro-fossils) والتى تحتم دراستها استخدام المعظام أو المجهر ، فأكثرها شيوعاً هما نوعاً الفورامينيفرا والاستراكودا (Foraminefra and Ostracods) وهما معاً من طائفة جذريات الأقدام أو الريزوبودا من قبيلة الأوليات (Phylum

(Protozoa . مثل تلك الكائنات الدقيقة أو الحفريات الدقيقة بمعنى أدق، يتم اعدادها للدراسة على النحو التالي :

١ ـ تقطع الصخور المضيفة أو الحاوية للحفريات إلى قطع فى حدود نصف البوصة قطراً ، ثم توضع تلك القطع فى فرن ذى حرارة حوالى ٣٠٠ درجة فهرنهيت (وهو التعديل الذى أدخله ج . د فهرنهيت (١٦٨٦ــ ١٧٣٦) العالم الفيزيقى الالمانى باستخدام الكحول بديلاً عن الزئبق فى الترمومتر فابتكر بذلك المقياس الفهرنهيتى حيث درجة الصفر المئوى تقابل ٣٢ درجة فهرنهيتية ودرجة المئة أو بمقياس سلزيوس تقابل ٢١٢° فهرنهيتية على التوالى) حتى تمام الجفاف .

٢ ـ توضع القطع الصخرية الجافة فى وعاء ، ويضاف اليها الكيروسين الكافى لتغطيتها تماماً .

٣ ـ يبقى الوضع هكذا ليلة كاملة ، يُسكب بعدها الكيروسين ليضاف بديلاً عنه الماء ، حيث عندها تبدأ العينة فى التخلص مما علق بها ، إذ يتفتت هذا (Disintegrate) ، ثم لتبقى هكذا ليلة أخرى كاملة .

٤ ـ تغسل المادة المتبقية من خلال منخل به ٢٠٠ فتحة فى السنتمير المربع (200 mesh screen) ، حيث تنزل كسارات الصخور الأدق وتتبقى الحفريات الدقيقة على سطح المنخل بعد تجفيفه ، فتؤخذ وتحفظ ثم تعد للدراسة على شريحة خاصة (١ بوصة × ٣ بوصة) غُلفت بمادة صمغية قابلة للذوبان فى الماء .

* * *

وهكذا نستطيع أن نقول اننا كدارسين أو كهواة ، قد تعلّمنا حتى الآن كيف نجمع ، ثم كيف ننظف ونعد عينات المعادن والصخور والحفريات . . ولكن يتبقى الأمر الهام وهو كيفية كتابة بيانات العينات ، ثم طريقة حفظها فبدون بطاقات تعريف لا تتأتى الفائدة العلمية المرجوة من جمع تلك العينات . . وعادة يتم ذلك ابتداء ، فيما يسمى بمفكرة الحقل ، التى يدوّن فيها الدارس كل ملاحظاته كما أسلفنا ـ مهما دقت ، أو بدت له

ساعتها ، عديمة الفائدة ، بينما تكون لها الأهمية كل الأهمية فى قابل الأيام ، حتى أن بعض الدارسين يسجلون أرقام عيناتهم وجميع بياناتها لتبقى معهم طيلة حياتهم العلمية فى سجل دائم ومتصل . . ونستطيع أن نقول انه يوجد نوع من بطاقة تعريف العينات يرتبط بالعينة ويلصق بها حين جمعها فى الحقل . وكما ذكر آنفاً ، فكل عينة تجمع — صخرية كانت أو معدنية أو حفرية ، لا بد لها من بطاقة تعريف تصف وتذكر كيف جمعت والموقع الذى منه جمعت ؟ والذى لا بد أن يوصف هو الآخر بكل الدقة الممكنة ، ولابد لتلك البطاقة من أن تحتوى على كل المعلومات الجغرافية والمعلومات الجيولوجية بقدر الامكان . وهل جُمعت العينة من مكشف للصخور كواجهة محجر أو مرتفع طريق أو وجه منحدر أو جانبى خانق أو ضفتى نهر . . أمْ أنها جُمعت من مادة مفتتة سائبة قد تكون قريباً أو بعيداً من مصدرها أو مكشفها الصخرى المقدر . وإذا ما كان هناك اكثر من تكوين جيولوجى ظاهر أو واضح للعيان فى المنطقة أو الموقع الذى جُمعت منه العينة ، فلابد من تحديد التكوين المصدر للعينة بالذات ، كذلك يمكن ذكر الاسم العلمى للعينة إذا كان معروفاً على بطاقة التعريف تلك . . هذا إذا كان معروفاً أو بالإمكان تحديده من الدراسة الحقلية . وقد يلجأ بعض الدارسين إلى الاكتفاء بترقيم عيناتهم فقط فى الحقل . ثم يُشار إلى ذاك الرقم فى المفكرة التى لابد أن تشتمل عندئذ على كل المعلومات المتاحة . ونحن نعتقد أنه من الأفضل وضع كل المعلومات الحقلية المرتبطة بالعينة ، لتكون مرجعاً فى حالة فقد المفكرة . . إذا حدث ذلك ، ولم تكن البطاقة تحمل البيانات ، ضاعت قيمة العينة تماما ، وكانت كأن لم تُغن من قبل ، ويضيع الجهد الذى بذل . . وهكذا ، نجد أنفسنا فى وقت ما أمام عينات لا تحمل أرقاما ولا بيانات . . أما النوع الثانى من بطاقات التعريف بالعينة ، فهو ما استقر عليه الأمر أخيراً بشأنها بحيث يُكتب التعريف ويطبع كيسمة منتهية للعينة ، ومتفق على تعريفها اتفاقا نهائياً . . لا يأتيه الباطل من بين يديه ولا من خلفه . . ولابد عندئذ أن تشتمل البطاقة المتحفية الثانية والنهائية على مايلى :

١ ـ اسم العينة ، والموقع الجغرافى بالضبط والذى جمعت منه .
٢ ـ اسم وعمر الصخر الجيولوجى الذى كان يستضيف أو يحتوى تلك العينة .
٣ ـ اسم جامع العينة وتاريخ جمعها .
٤ ـ الرقم المرجعى فى مفكرة الحقل الدائمة مع الدارس أو الباحث لتكون مرجعا

للمزيد من الدراسة التفصيلية ، إذا ما عنّ للباحث أو لغيره أن يستشير المفكرة مستقبلا . ولقد يرى بعض الدارسين أن يزودوا مفكراتهم الحقلية ببعض الصور الفوتوغرافية عن المواقع التى جمعت منها عيناتهم . ولربما حلا للبعض أن يرتب مفكرته بأبجدية أسماء المواقع ، بينما يرى آخرون أن يكون الترتيب والتصنيف بأبجدية أسماء العينات .

نماذج على ذلك

من دراسات تمت بكلية العلوم بينها :

عينات من صخور ومعادن :

الاسم : جرانيت بايوتيتى (Biotite granite)

الرقم : ٧٢

التكوين الجيولوجى : جرانيت حديث (Young Granites)

الموقع الجغرافى : منطقة سانت كاترين جنوب سيناء .

جامع العينة : عبد العظيم مهنا رسالة ماجستير عام (١٩٨٩)

عينة من الحفريات :

الاسم : نميات جيزاوية Nummulite Gezehensis

منتصف عصر الميوسين (Forskal)

الرقم : ٤٥

التكوين الجيولوجى : حجر جيرى نمى Nanmmulitic Limestone

تكوين قرارة : Qurara Formation

نطاق النميات الجيزاوية : Nummulitic Gizehensis Zone

الموقع الجغرافى : وادى وزر — وادى فيران ، جنوب سيناء

جامع العينة : محمد كمال البشتاوى — رسالة ماجستير عام ١٩٩٠

من الصخور المتحولة :

الاسم : صخر مجماتايت — Migmatitic granodiorite gneiss

الرقم : ١١٧

التكوين الجيولوجي : الصخور المتحولة (الحدِّية) .. — Migmatites

الموقع الجغرافي : منطقة طابا ـ نويبع ، جنوب سيناء

جامع العينة : محمد أحمد وتيت ـ دكتوراه (١٩٩٠)

من المعادن

الاسم : حديد + جاسبار — Iron , Jaspar

الرقم : ١٢

التكوين الجيولوجي : تكوين الحديد — Iron Formation

الموقع الجغرافي : جبل الحديد بالصحراء الشرقية المصرية

جامع العينة : زكريا السيد هميمى ماجستير (١٩٨٨)

كذلك ، فإنه يمكن وضع فهرست كتالوج العينات على أى قاعدة يشاء الدارس ، فلو ، ممن يهتمون بالمعادن فقد يرى أن يكون التصنيف الكيميائي مدخلاً مناسباً . وعلى كس من ذلك ، فقد تكون الأفضلية لفهرست أبجدى بمسميات المعادن أو أى مدخل ر يراه مناسباً ، وقد تصنف عينات الصخور بحسب نشأتها التكوينية إلى صخور نارية خور رسوبية وصخور متحولة . كذلك قد تصنف عينات الحفريات بحسب قبائلها (Phyl .. الخ . وعلى أية حال ، فإن ذكر اسم العينة ورقمها ، لابد أن يُسجل ليكون جعا فيما بعد لكل بياناتها . كما لا يفوتنا أن نذكر أن تخزين العينات بشكل عام يجب أن فى صوانات خشبية أو زجاجية ذات مواصفات خاصة بذلك ، وتصمم خصيصاً لهذا رض حتى يسهل عرضها . وبالطبع فإن نوع التخزين يتوقف على ماهية العينة ودرجة مكها ، وكذلك قيمتها . يبقى القول بأن جمع عينات ذات قيمة قد يساعد على تبادل بض منها فتستكمل المجاميع عند الدارسين بما يقارب كمالها ..

الباب الثانى

المعادن (Minerals)

ـ العنصر، أبسط ما عرف حتى اليوم ولا يمكن تحليله إلى أبسط منه ..
ـ والمعدن ، عنصر أو أكثر ..
ـ وتعتبر المعادن على درجة عالية من الأهمية الاقتصادية والجمالية والعلمية بشكل عام . فهى اقتصادياً تعتبر الاساس للعديد من العدد والالات التى نستخدمها ونسعد بها فى حياتنا اليومية . وهى جماليا ، تغنى حياتنا وتملؤها بالبهجة والحبور والسعادة حين تكون من المعادن الاحجار الكريمة ويكون منها المعادن الثمينة التى تزين أعناق الغيد من نفرتيتى إلى كليوباترا إلى اليزابيث تايلور .. كم ازدانت كل منهن بالماس والياقوت والذهب .. وهى أخيراً تضفى على المتاحف رونقها وألقها .. وهى علمياً ، تشكل بنك المعلومات الذى نتزود منه بين الفينة والفينة بلمحات ضوئية فى سرداب الماضى المظلم البعيد ، وفى بحوثنا عن تاريخ الأرض ، وتاريخ الكون .. خبيئة السر التى يلهث وراءها الانسان منذ كان .. إلى يوم لن يكون .. كما أن دراسة المعادن تفيد البشرية فى حضارتها الآنية فى كيفية تخليق

أو تصنيع أشباه المعادن . . بل إننى أعتقد أننا يجب ألا نمضى من حيث نحن وقوف إلى أبعد من ذلك ، دون أن نثبت هنا ونؤكد أن المعادن مرادف للحضارة والتقدم منذ كانت وكان الانسان . . انظر إلى الانسان فى بدائيته ونشأته الأولى حين كان فى جماعات متفرقات يقطف الثمار من الاشجار فيما يسمى بالإنسان جامع القوت . . يومها لجأ إلى المعادن فى هيئة الظران ليصنع منها أداته من إبرة إلى سكين إلى رمح . . حين تقابل الانسان فى حياته الأولى مع الحيوان فانتابه خوف وفزع ، لم يسعفه خياله إلا بأن ينحنى على الأرض فيمسك بحجر ، وهكذا كانت مع المعادن مسيرته الأولى . . ثم ضرب معدناً أو صخراً بمعدنٍ أو صخرٍ ، فخرجت الشرارة الأولى . . ويالها من شرارة ، بقدر ما ساعدته فى دفء وطعام ، بقدر ما فتحت له أبواب الحضارة والتقدم . وانتقل الانسان من عصر حضارى حجرى ، إلى عصر آخر حضارى ومعدنى أيضا ، البرونزى ، والنحاسى والحديدى . . . وكان الذهب معه على الطريق عنصراً مقدساً يقدم للملوك الآلهة . . كلها عصور حضارية معدنية . . ومع المعادن انطلق الانسان فكان عصر البخار وعصر الكهرباء وعصر الذرة وعصر الفضاء . . وكلها عصور حضارية وخطى فى طريق البربرية البشرية إلى التقدم — مدنياً أو حضارياً — ما كانت لتكون لولا المعادن رفيق الدرب ومطية الركب .

ونعود ، فنقول ان كلمة معدن بشكل عام ، وما ارتبط بها من كلمات ، إنما تشير إلى ما ليس للحيوان ولا للنبات دخلٍ فى تكوينه . وفى هذا الباب من الكتاب سنعرف عن كيفية فحص المعادن ، وكيف تسمّت ، وكيف صُنفت ، ومن قبل هذا ومن بعده ، كيف تكونت وأين تتكون ؟ . . ثم لنعلم من بعد علم ، شيئاً عن أشباه المعادن التى هى مواد لا بلورية وتشبه المعادن (Mineraloids) والزجاج (Glass) وغيرها .

تعريف المعدن :

المعدن هو مادة صلبة طبيعية تتكون بشكل عام بطرق غير عضوية وبترتيب داخلى منظم للذرات . كما أن للمعدن تركيباً كيميائياً وخواص فيزيائية أو طبيعية ، وأخرى كيميائية قد تكون ثابتة تماماً أو متغيرة لحدٍ ما داخل إطار محدود . ويمكن تفصيل ذاك التعريف من خلال خمسةِ مناحٍ رئيسية هى :

١ ــ أن يكون طبيعيا .

٢ ــ أن يكون صلداً .
٣ ــ له ترتيب منظم لمكوناته الذرية .
٤ ــ له تركيب كيميائى محدد أو متغير فى حدود معينة .
٥ ــ له صفات طبيعية ثابتة أو محدودة التغير ، ويتكون كنتيجة لعمليات غير عضوية .

وعوداً على بدء . فكون المعدن طبيعياً (Natural) يعنى ببساطة أن المعدن لابد أن يكون قد تكون فى الطبيعة وبالطبيعة . فما يصنعه الانسان اليوم بما فى ذلك تلك التى تعرف بمسميات كروح المعدن (Mineral Spirits) أو زيت المعدن (Mineral Oil) إنما هى فى حقيقة الأمر ليست معادن حقيقية على أى الأنحاء كانت ، وبأى معنى وردت . وعلى الجانب الآخر ، فإن الكثير من أحجار الزينة (Gemstones) المصنوعة ، وإن تكن تتلاءم مع بقية مفردات التعريف السالف للمعدن ، فقد تُقبل عند كثرة من المعدنيين الدارسين للمعادن والمتهنين لهذه المهنة قانونياً تحت مسمى صناعى (Synthetic Mineral) ويرد هنا كذلك مصطلح (Simulated mineral) بما له من معنى مختلف . . فهو الاسم المعطى لأى مادة قد تشبه المعدن وتستخدم لتحل محل المعدن أو مكافئه الصناعى . فمثلا العقيق (Ruby) أو العقيق الصناعى قد يصنع بمواد أو خامات معدنية حمراء اللون مختلفة ومتعددة كمعدن سبنل (Spinel) الطبيعى أو الصناعى أو الزجاج أو حتى البلاستيك ليكون حجراً كريماً بديلاً عن الحجر الكريم الذى صنعته الطبيعة . فالمعادن الكريمة الطبيعية الحقيقية هى مجموعة من المعادن تستعمل فى الزينة ومن مميزاتها الندرة وشدة الصلادة والجمال مثل معدن الألماس والياقوت والزمرد . . وليست المصنوعة بأى حال وعلى أى حال . ومن هنا كانت تسميتها بالكريمة . من هذا المنطلق ، فاللؤلؤ ليس معدناً كريماً ، إذ صانعته هى الحيوانات البحرية الصدفية . والعاج ليس كذلك ، فهو من سن الفيل ، والكهرمان أو العنبر ليس هو أيضا معدناً كريماً إذ هو افراز نباتى صمغى . . والفحم الحجرى ليس معدناً ، فهو نباتى الأصل . . إلخ .

ونأتى إلى الصفة الثانية للمعدن بكونه صلباً (Solid) بحيث تستبعد المحاليل الطبيعية أن تكون معادن ، مثل البترول والغاز الطبيعى . وقد يقبل الكثرة من المعدنيين الزئبق العنصرى (Native mercury) السائل فى درجات الحرارة والضغوط العادية ، كنوع من

أنواع المعادن بينها هو يتماسك عند ٤٠° م . والصفة الثالثة القائلة بأن للمعدن ترتيب منتظم لمكوناته الذرية ، فهذه فى غالب الأحوال هى العلاقة المحددة فى التعريف العام للمعدن . فتلك الترتيبات المنتظمة للذرات والتى تتشكل فى الأبعاد الثلاثة ، تتسمى باسم التركيب البلورى (Crystal strcture) وهى قد تتكون من ذرات* أو أيونات لعنصر كيميائى واحد ، أو لاتحادات لاثنين أو اكثر من تلك العناصر ، وتتوقف الترتيبات الذرية على أمور مثل حجوم الذرات أو الايونات المكوِّنة ، وكذلك على الطريقة التى تترابط بها مع بعضها ، وهى عادة روابط كهربائية كيميائية (كهروكيميائية) ومنها :

ــ الرابطة الأيونية الناتجة عن انتقال اليكترون أو أكثر من المستوى الخارجى فى ذرة عنصر إلى المستوى الخارجى لذرة عنصر آخر ، فيحدث الربط بوساطة قوى الجذب الكهروستاتيكى مثل كلوريد الصوديوم (NaCl) فى معدن الهالايت (Halite) .

ــ الرابطة التساهمية الناتجة عن المشاركة بالكترون أو أكثر لإكمال عدد الالكترونات فى المستويات الخارجية فتصبح الذرات مشبعة مستقرة . مثل ارتباط ذرات الاكسجين مع ذرات السيليكون فى معادن السيليكات ، حيث ترتبط أربع ذرات اكسجين مع ذرة واحدة سيليكون لتكون شكلا رباعياً تتوسط مركزه ذرة السيليكيون SiO_4

ــ الرابطة الفلزية الناتجة عن فقد العدد القليل من الالكترونات الموجودة فى المستويات الخارجية لتصبح هذه الذرات أيونات موجبة — أما الالكترونات المفقودة فتشكِّل سحابة تحيط بالكاتيونات دون أن تسبب أى خلل فى الروابط بين الذرات ، وتعمل هذه السحابة على ربط الكاتيونات ببعض .

---

* ذرة : فى الفيزيقا والكيمياء ، أصغر جزء من المادة ، اعتبرها جون دالتون الوحدة التى تنقسم إليها المادة ، وثبت غير هذا الآن . فالذرات تتكون من نواة بها جسيمات ، تحمل شحنات كهربية موجبة ، تسمى البروتونات وجسيمات لا تحمل شحنات كهربية تسمى نيوترونات ، وهى تتساوى مع سابقيها فى الوزن . يحيط بالنواة جسيمات أصغر من البروتونات تسمى الالكترونات ، تحمل شحنات كهربية سالبة وعددها يساوى عدد البروتونات ، لتتعادل الذرة كهربيا . والأيونات ذرات تحمل شحنات سالبة أو موجبة ، وتختلف ذرات العناصر المختلفة فى الوزن . وكلمة أيون أدخلها أرهينوس (١٨٨٧) كلفظ يونانى للدلالة على تحلل المركبات الكيميائية حينما تذوب السوائل إلى جزئين ، أحدهما موجب الشحنة الكهربية ، والآخر سالب الشحنة . وبذلك يمكن للتيار الكهربى أن يمر فى المحلول ، بينما يتعذر ذلك فى السائل الذى لا يحتوى على المادة المذابة . ويتكون الأيونا الموجب عادة من ذرة فقدت الكتروناً سالباً ، والأيون السالب من ذرة اكتسبت أيوناً سالباً . ويمكن للأيونات المختلفة الشحنة أن تتحد مكونة جزيئاً متعادلاً .

ـ رابطة فان ديرفال الناتجة عن قوى جذب ضعيفة متخلفة على سطح جزئيات متعادلة فى المعدن إلى جانب قوى الربط الأخرى . ففى معدن الجرافيت مثلا ترتبط ذرات الكربون مع بعضها البعض برابطة تساهمية لتكوّن صفائح رقيقة فى حين ترتبط الصفائح مع بعضها برابطة ضعيفة ، هى التى تسمى رابطة فان ديرفال ، ولذلك يسهل فصل معدن الجرافيت إلى صفائح فى مستويات متوازية . إذن فالمعادن التى ترتبط برابطتين إحداهما قوية والثانية ضعيفة ، تكون قابلة للتشقق كمعدن المايكا . . بينما المعادن ذات الرابطة الواحدة فصلبة متماسكة كالماس والمرو .

ونعود إلى المعدن ، فلكل معدن ترتيبه الذرى الفريد والخاص بعناصره . وحين تكون ظروف التكوين مناسبة ، فإن الترتيبات المنتظمة لتلك الوحدات البنائية والبانية للمعدن ، تعبر عن نفسها بما يسمى بالأشكال البلورية أو الأوجه البلورية الخارجية ، فتكوين البلورات يُعد تعبيراً أو صورة من صور النظام والتنظيم فى الكون وأحكام التناسق فيه بحسب ما أوجده خالقه جل وعلا . فالبلورة جسم صلب متجانس التركيب ، تحده أسطح مستوية هندسية التكوين هى ما تسمى الأوجه البلورية ، والتى هى فى حقيقة الأمر تعبير عن الترتيب المنتظم الذرى الداخلى لوحدات البناء أو العناصر . . . ولنضرب مثلاً وإن يكن القياس مع الفارق . . لو أخذنا قوالب الطوب كوحدات بناء . . فإن هندسة رص تلك القوالب قد ينتج عنها بناء هندسى رائع ، وقد ينتج عنها كومات متجمعة بلا شكل جميل ، ولا هندسة ظاهرة . . واذهب ببصرك وبصيرتك إلى البلورات بأشكالها الجمالية الراقية ، وتأمل هندسة بنائها من عناصر شتى ومتفرقة . . وقل معى سبحان الله . . وحدات البناء إذن هى الذرات والأيونات ما يأتلف منها يجتمع وما يتنافر منها يختلف . . شحنة كهربية تنتظم الكون كله ، ينجذب السالب إلى الموجب والموجب إلى السالب . . وتأمل خلق الله من جماد ونبات وحيوان . . وكله فى النهاية قائم على التنظيم والترتيب والربط . . ليخرج البناء فى ظروف طبيعية تماما . . أما شكل البناء فيتوقف على اتجاه صفوف الذرات والأيونات فى الفراغ والزوايا المحصورة بين هذه الاتجاهات ثم البعد بين الوحدات البانية المختلفة . . وبالتكرار يكبر البناء وتنمو البلورة — خلية إلى خلية فى الكائن الحى ، وذرة إلى ذرة فى الجمادات . . وحدة فى تنظيم الخلق فتنبىء عن وحدة الخالق . فإذا كانت الوحدات متساوية الأبعاد عن بعضها فى الاتجاهات الثلاثة ومتعامدة ، كان البناء متساوى الأبعاد

أو مكعبياً ، بينما لو كانت الأبعاد غير متساوية مع تعامد الصفوف أعطت بناء معينياً ، وهكذا . .

ومرة ثانية ، تأمل معى قدرة الله . . بين أوجه البلورات زوايا . . قد تطول البلورات وقد تقصر بحسب ظروف نمائها ولكن تبقى الزاوية بين الأوجه ثابتة ثبات المعدن . . فى الهند فى السند فى بلاد تركب الأفيال يبقى المعدن بذات الزاوية مهما اختلف الزمان والمكان . . نعم ، كل شيء بقدر . نقول قد يختلف النماء ولكن الزاوية ثابتة، واختلاف نماء البلورة من مكان إلى مكان (شكلاً وحجماً)، يتوقف على ظروف النمو وبيئته مثل نوع المحلول الذى ستولد فيه البلورة ودرجة نقاوته ، ومثل التبريد والحيز الذى يتم فيه التبلور . . ودون ذلك تتشوه البلورة . . ألا ترى إلى الجنين فى بطن أمه ، لو اختلفت من حوله البيئة تشوّه . . وهكذا فقد تخرج بلورات كاملة الأوجه البلورية وأن تكون بلورات ناقصة الأوجه البلورية أو إذا ما اضطربت ظروف البيئة تماماً ، كانت بلورات مشوهة عديمة الأوجه . . والترتيب المنظم يعطى تماثلاً وتنسيقاً يتمثل فى محاور ومستويات ومراكز التماثل والتى على أساسها تصنف البلورات إلى فصائل . .

ونعود إلى الصفة الرابعة للمعدن وهى التركيب الكيميائى المحدد أو المتغير فى حدود معينة ، فنقول بأن حقيقة القول بثبات التركيب الكيميائى ومن ثم الخواص الطبيعية أو تغيرهما المحدود فى نطاق ضيق ، فذاك أمر تتعدد مناحيه ولكل منها وجاهته وأهميته . فالتركيب الكيميائى يعبَّر عنه عادة بمعادلة تعطى النسب العنصرية المكونة للمعدن ، كما فى الملحق فى آخر الكتاب ، فمثلا لو أن ذرة السيليكون (Si) وذرة الأكسجين (O) كانتا موجودتين بنسبة ١ : ٢ فى المحلول أو فى البلورة فإن التركيب يعبر عنه بالمعادلة (SiO_2) والذى يعنى أنه لكل ذرة سيليكون ذرتان من الاكسجين . وهذا هو معدن المرو (Quartz) ومعادن SiO_2 الأخرى مثل الكريستوبالايت وغيره . وهذا أنموذج لمعدن ذى تركيب كيميائى محدود وثابت . وطالما أن تركيب المعدن البلورى قد تحدد ، فإن خواصه الطبيعية بالتالى تكون ثابتة . هذا التحديد للتركيب البلورى يجب أن يتحفظ عليه ، لأن بعض العناصر أو مجاميع العناصر قد تتحد وتترابط بطرق مختلفة ، ولكل منها صفاته الطبيعية الخاصة (مثلا — الماس والجرافيت كلاهما من الكربون النقى ولكن يختلفان شكلاً بعد التبلور بسبب نوعية الرابطة التى تربط الوحدات البانية . وتطلق تسمية

التعددية الشكلية (Polymorphism) عادة على الظاهرة التى يمكن بها أن يكون لنفس المادة الكيميائية أشكالا بلورية مختلفة . . وإنما الاختلاف هنا ليس فى العناصر بل فى طريقة ترتيب أو رص الذرات والربط بينها ، والتى ينتج عنها من بعد اختلاف فى الخواص ، والفيزيائية منها بالذات . . فللمعادن خواص طبيعية ، نورد بعضاً منها :

خواص فيزيائية ضوئية تشتمل على لون المعدن وتلاعب الألوان على سطوحه ، وتضوءه (أى يعطى ضوءا إذ حول اشكال الطاقة إلى ضوء بمثل تعريض المعدن للحرارة أو للأشعات المختلفة سينية أو فوق بنفسجية) ، ولون حكاكة المعدن أو أثره إذا ما خدش أو حُك على قطعة من خزف أو نحوها ثم درجة بريق المعدن حين تتعرض سطوحه للضوء المنعكس . ولون المعدن هو لون الموجات الضوئية التى يعكسها من الوان الطيف ، وهى ألوان ثابتة يتميز بها المعدن ، إلا أن تغيراً ما قد يطرأ عليها ، يُعزى إلى عوامل منها احتواء الشوائب فى بناء المعدن ، ومنها موقع الايون والتركيب الكيميائى وتكافؤ العناصر ونوع الرابطة . . الخ .

كما أن هناك خواص فيزيائية تماسكية تعكس قدرة المعدن على التماسك فى مقابل الخدش والتشقق وما اليها . وفى هذا الصدد نجد الصلادة التى تقاس بمقياس ابتدعه موهز (Mohs) مبتدءً بالطلق الذى أعطاه صلادة قيمتها واحد ، ومنتهياً بالماس وصلادته عشرة ، مروراً بمعادن بين هذا وذاك إلا أن الأعداد ما هى إلا دلالة على التدرج النسبى وليس الكمى بأى حال من الأحوال ، ومن ثم فلا يعنى أن صلادة الماس عشرة أمثال الطلق . . وعموما فإن الخواص التماسيكة تلك إنما تتوقف على الترتيب الذرى الداخلى للبلورة ، وعلى قوى الربط بين الوحدات البنائية .

وبعد الصلادة ، نجد قدرة المعدن على التشقق أو الانفصام وكذلك الانفصال . . وغيرها . . فهناك معادن ترث التشقق فى بنائها منذ النشأة وهناك أخر تكتسب التشقق إثر صدمة . وعلى طريق الخواص الفيزيائية نجد خاصية الوزن النوعى وخاصية الحرارة التى عندها ينصهر المعدن والخواص الكهربائية التى يكتسبها المعدن بالحرارة أو بالضغط ، والخواص المغناطيسية والاشعاعية والحسية . .

أما الخواص الكيميائية للمعادن فهى مجموع المشاهدات التى يبدو بها المعدن أو تنتج عنه عند التسخين بلهب مؤكسد أو مختزل فقد تتولد أدخنة وقد تصدر رائحة ، وقد

يحدث انتفاخ للمعدن أو رغوة وقد تحدث فرقعة أو توهج وقد يتغير اللون . . الخ .

. . ونعود فنقول إنه كما تبين من تعريف المعدن ، فإن كلا من التركيب الكيميائى والخواص الطبيعية للمعدن قد تتغير تغيراً محدودا . . مثل تلك المعادن ذات التغير المحدود فى تركيبها وخواصها ، تكوّن سلسلة يُشار إليها بسلسلة المحاليل الصلبة (Solid Solution Series) أو محلول الجوامد (طور متبلور واحد يختلف تركيبه فى حدود معينة دون ظهور طور آخر . . وتمتلك معادن تلك السلسلة خواص طبيعية مثل خاصية الكثافة النوعية التى ستختلف باختلاف التراكيب الكيميائية . والمثل المعروف جيداً لمحلول الجوامد هذا ، هو سلسلة فلسبارات البلاجيوكلاز (Plagioclase Felspars) والتى تمتد من معدن ألبايت (Albite Na $Al\ Si_3\ O_8$) إلى معدن أنورثايت (Anorthite Ca Al Si_2 08) .

ونأتى إلى المنحى الخامس والأخير فى تعريف المعدن حيث ينص على تكوين المعدن طبيعيا (By inorganic process)فهو يحدد أنه لا دخل لكائن عضوى نباتى أو حيوانى فى تكوين المعدن بشكل عام ، وأنه حتى المواد غير العضوية الناتجة عن النباتات أو الحيوانات (مثلاً — الأراجونايت (Aragonite) الذى يكون اللؤلؤ . .) لا تعد من المعادن . إلا أننا نستدرك هنا لنقول إن هناك وجهة نظر لا تستبعد كل المركبات العضوية من دنيا المعادن ، وإنما هناك عدد من الايدروكربونات الصلبة مثل أكسالات الكالسيوم (Calcium Oxalate) وغيره ، طالما اعتبرت عند البعض كمعادن .

تسمية وتصنيف المعادن :

إن مسميات بعض المعادن ترجع فى أصولها إلى زمان قديم يصعب فيه قص الأثر ومعرفة المصدر . فلقد كان (ثيوفراستاس تلميذ أرسطاطاليس) ٣٧١ — ٢٨٦ ق . م) هو أول من درس المعادن ورتب ما كان معروفا منها . ثم جاء (الدر) الرومانى والذى مات إبان ثورة بركان فيزوف عام ٧٩ ب . م وقدم معلومات ومسميات للمعادن بقى البعض منها قائما حتى اليوم . وخلال العصور الوسطى لم يكن للعلم الحقيقى ميدانا فى أوربا وانتقل المشعل إلى الشرق فكانت الحضارة العربية . ويعتبر الصبّاح الكندى جد الفيلسوف المشهور يعقوب الكندى — من أقدم خبراء العرب فى ذياك

المجال . ولقد كان بجانبه ومن بعده اسماء لامعة منها عون العبادى وايوب البصرى وبشر بن شاذان وابن الجصاص وابن البهلول . . ويقول سارتون الذى أرخ لتاريخ العلم أن عطارد بن محمد الحسيب هو مؤلف أقدم كتاب اسلامى عن الأحجار . وابن سيناء الذى رتب المواد إلى أحجار وأرضيات ثم مركبات قابلة للاشتعال ثم أملاح ثم معادن . . وقسم ابن الرازى المواد إلى نباتية وحيوانية ومعدنية ثم قسم المعادن إلى ست رتب . وكذلك كتب البيرونى كتابة « الجماهر فى الجواهر » ثم التيفاشى (كتاب أزهار الافكار فى جواهر الأحجار) وابن الأكفانى (كتاب نخب الذخائر فى أحوال الجواهر) . . الخ . على مدى كل تلك المسيرة عُملت محاولات عديدة للتعرف على المعدن بغية التصنيف والتعريف . ولعل المصطلحات الفنية التى ابتكرها التيفاشى ، العالم الاسلامى العربى فى كتابه ومرادفاتها الأجنبية ، توحى بسبق عربى فى ذاك المضمار :

المصطلح التيفاشى	المصطلح الأجنبى	تعريبه الحالى
التشعير	Cleavage	التشقق أو الانفصام أو الانفلاق
المحك	Streak	المخدش أو الحكَّاكة
الانحكاك	Powder	الحكاكة
المخدش	Hardness	الصلادة
الشعاع	Dispersion	التشتت
المائية / الشفوف	Transperency	الشفافية
الدحرجة	Sphericity	الاستدارة
السوس	Airbubbles	فقاعات الهواء
معدن	Mine	منجم
الطرائق	Twins	التوائم

وفى الجزء الأخير من القرن الثامن عشر ، نبتت فكرة وضع نظم منطقية لتصنيف المعادن ومن ثم تسميتها . إذ ليس من السهل أن يتعامل الدارس مع مئات وآلاف

الأسماء دون مدلولات تهدى أو ترشد . ذلك أنه لو أدرك عن وعى وفهم المعنى وراء التسمية فلربما سهل عليه الإدراك . فلقد نشأت طائفة من الاسماء للمعادن والعناصر وفق الهوى أو الزمان أو المكان . . الخ . . فهناك عنصر « هافنيوم » نسبة إلى الاسم المجهول والقديم لعاصمة الدنمرك القديمة ، وعنصر « لوتيسيام » نسبة إلى اسم باريس القديمة ، وكذلك « جاليوم » نسبة إلى اسم فرنسا الذى كان (جاليا) . ولقد تكون بعض المسميات نسبة لخواص يكتسبها العنصر ومنها « الفوسفور » أو الضوء البارد ، و « الإنديوم » نسبة إلى اللون الأزرق . وهناك عناصر سميت بأسماء النجوم مثل اليورانيوم (أورانوس) والهليوم (الشمس) . وعناصر نسبت لآلهة الإغريق مثل « الفاناديوم » (فينوس) ، ومعادن نسبت إلى مشاهير من العلماء مثل « جادولينايت » (جادولين) وعنصر « كوريوم » (كورى) و« مندليفايت » (مندليف) و« فيرنادسكايت » (فيرنادسكى) . وهناك معادن نسبت إلى عناصر مثل « الكالسيت » (كالسيوم) و« الموليبدينات » (موليبدنيوم) . . وهناك مسميات معدنية تذهب فى أصولها لمسميات عربية أو هندية مثل وهج النار والانتيمون والتوتيا والقصدير والزئبق . . ولقد يصعب تمييز المعدن فيُعطى الاسم بناء على ذلك كمعدن « أباتايت » ومعناها المعدن الصعب تعريفه . . وهكذا . . ولذلك نقول إنه فى حوالى عام ١٨٥٠ أعيد تنظيم مسميات المعدن . . وإجابة على تساؤل كيف تُسمى المعادن ؟ نجد أن أقصر الطرق للإجابة هى القول بأن ذاك يرجع إلى رغبة الواصف الأول للمعدن بلا أية قيود ، اللهم إلا أن يكون اسم المعدن فى اللغة الأجنبية منتهياً بأحرف (ite) فى الغالب وليس الأعم . ولقد وضعت مسميات عديدة بلغات يونانية أو لاتينية قد تحمل فى طياتها بعض التعريف بالمعدن . . على سبيل التمثيل كما بينا : لونه (معدن البايت مأخوذ عن كلمة albus اللاتينية بمعنى أبيض) أو على كثافته العالية (معدن بارايت مأخوذ عن الكلمة اليونانية barys بمعنى ثقيل) . بينما هناك مسميات تتعلق بعناصر المعدن كما بيّنا فى حالة كالسايت وزنكايت . . تلك كانت طرقاً معمولاً بها وموافقاً عليها لتسمية المعادن ، لأنها تعطى بعض الضوء الكاشف لطبيعة المعدن المسمى بها . وسرعان ما ذهبت تلك المسميات مذهب الاعتياد والمألوف . ومع ذلك ، فحديثاً جداً جرت تسمية المعادن على مسميات موطن تواجدها الأول الذى عرفت فيه لأول مرة بمعنى أسماء مكانية (معدن أراجونايت » مأخوذ عن أرجون (Argon) بأسبانيا و« موسكوفايت » مأخوذ عن موسكو

بالاتحاد السوفيتى) أو على مسميات مكتشفيها أو غيرهم من البشر (معدن جوسميثايت مأخوذ عن جوزيف سميث) . وقد وضع الاتحاد الدولى لعلم المعادن أخيرا الطريقة المثلى والمقبولة لدى الكافة لتسمية المعادن المكتشفة لأول مرة . أما المسميات التى جرت على ألسنة خلق الله من دارسى المعادن وهواتها ، فقد سجلت كما هى فى معاجم المعادن وبخاصة معجم فلشر* والذى يضاف إليه الجديد باستمرار الكشف والبحث ودورياً ، منذ طبعته الأولى فى عام ١٩٧١ .

والهدف من الحديث والبحث فى تصنيف المعادن ومسمياتها ، هو أن توضع المتشابهات منها سوياً ، وأن تفصل عن غيرها بحيث يوجد بعض النظام فى التعرف عليها . واليوم يستخدم عالمياً تصنيف كيميائى ، ينسب عادة إلى الكيميائى السويدى برزيليوس (Berzelius) . والرتب العظمى فى هذا التقسيم أو التصنيف الكيميائى ، هى كما يلى :

الرتبة	المثال والمعادلة الكيميائية لتركيب المعدن
معادن عنصرية Natrive Elements	الذهب Au
الكبريتيدات Selnides and tellurides	جالينا PbS
أملاح كبريتية Sulfosalts	تتراهيدرايت $(Cu, Fe)_{12} Sb_4 Si_3$
أكاسيد Oxides	هيماتايت $Fe_2 0_3$
أيدروكسيدات Hydroxides	جبسايت $Al(OH)_3$
هاليدات Halides	فلورايت CaF_2
كربوناتات Carbonates	كالسايت $CaCo_3$
نترااتات Nitrates	نتراتايت $NaNO_3$
أيودات Iodates	لا يوجد معدن شائع
بورات Borates	بوراكس $Na_2 B_{407}. 10 H_2 0$
كبريتات Sulfates	باريت $BaSO_4$

fleiseher M. (1971): Procedure of the International Minoralogical Assocition Commison on new minerals aad minareal names, Am. Mineralosite vol SS, pp 1016-1071 (1980) Glassary of miniral Ariz.

كروماتات Chromates	كروكايت $Pb Cr O_4$
فوسفاتات phosphates	أباتايت $Ca_5 (PO_4)_3 F$
أنتيموناتات Antimonates	لا يوجد معدن شائع
فانداتات Vanadates	كارنوتايت $K_2 (UO_2)_2 (VO_4)_2 3H_2O$
مركبات عضوية Organic Compounds	لا يوجد معدن شائع
سيليكاتات Silicates	كايانايت $Al_2 SiO_5$
ميزوسيليكاتات Meso	إبيدوت $Ca_2 (Al Fe)_3 Si_3 Oi_2 (O H)$
سوروسيليكاتات Soro	تورمالين $Na Fe_3 Al_6 (BO_3)_2$
سيكلوسيليكاتات Cyclo	دايوبسايد $Ca Mg Si_2 O_6$
إينوسيليكاتات ـ Ino	موسكوفايت $KAl_2 (Si_3 AL) O_{10} (OH)_2$
فيللوسيليكاتات Phyllo-Silicates	أرثوكلاز $K Al Si_3 O_8$
تكتوسيليكاتات Tecto-Silicates	

واستطرادا مع تصنيف المعادن على اساس تراكيبها الكيميائية ولحد ما على اساس تراكيبها الذرية ، فسنجد تصنيفاً آخر يستخدم فى ذلك الغرض على النحو التالى :

معادن سيليكاتية ونماذج لها :

● مجاميع سيليلكية مفردة SiO_4 (أوليفين ، جارنت) .
● سيليكات حلقية (تورمالين ، بيريل).
● سلاسل سيليكية مفردة (البيروكسينات مثل الأوجايت) .
● سلاسل سيليكية مزدوجة (الأمفيبولات مثل الهورنبلند) .
● صفائح (المايكا والكلورايت والطلق ومعادن الطين) .
● تراكيب ثلاثية الابعاد (الفلسبارات وأشباهها والمرو وهذا ينتمى إلى الأكاسيد ولكن رؤى أن يوضع مع السيليكيات) .
● سيليكات متنوعة (سيليكات الألمونيوم ، زيولايت ، وتوباز وإبيدوت) .

معادن غير سيلكاتية :

- عناصر طبيعية (نحاس ، جرافيت) .
- أكاسيد (ماجنتايت و قورندم) .
- كبريتيدات (بايرايت وجالينا) .
- هاليدات (الملح الصخرى وفلورايت) .
- أملاح الاكسجين (كربونات - كالسايت) .
- كبريتاتات - باريت .
- فوسفاتات - أباتايت .
- بوراتات - بوراكس .

ثم إنه يمكن بعد ذلك تقسيم الرتب إلى مجاميع . فمثلاً المعادن العنصرية يمكن أن تُقسّم إلى فلزات (Metals) وأشباه الفلزات (Semimetals) واللافلزات (Nommetals) كما يمكن تقسيم المجاميع إلى عائلات و/أو فصائل . ثم إن لبعض الفصائل نوعاً أو أكثر . ومن الناحية العملية ، فإنه يجب معاملة النظام التصنيفى هذا ، معاملة مرنة غير جامدة . ومن حسن الحظ فإن بالاتحاد العالمى للمعدنيين ، لجنة تتعامل وترد على ما ينشأ عن هذا النظام من مشاكل أو استفسارات . .

تكوين المعادن : (The occurrence of minerals) .

إن سبل تكوين المعادن هى ذات السبيل التى تتكون بها الصخور . وبما أن الصخور تتواجد فى كل مكان ، فكذلك المعادن .

إن الرمال على شاطىء البحر ما هى إلا معدن المرو فى حبيبات دقيقة . وكذلك فأكبر محجر للحجر الجيرى ، هو أساسا معدن الكالسايت . والصخور المتحولة الهائلة الأحجام فى الصحراء الشرقية (مثل منطقة حفافيت) ، قد تكونت أساساً من المرو والمايكا وربما معادن الجارنت ، وبشكل عام فإن الصخور الشائعة أساسها عدد محدود من المعادن وإن يكن أهمها معادن السيليكات (ما عدا الكالسايت : كربونات الكالسيوم) كما أن العديد من المعادن المعروفة جيداً لا تدخل فى تكوين الصخور ،

ومنها المعادن ذوات القيمة الاقتصادية الكبرى . وهنا يستخدم تعبير رواسب معدنية (Mineral deposits) ليصف مثل تلك التواجدات بصرف النظر عن أسس التكوين ذاته .

● الرواسب المعدنية المرتبطة بالصخور النارية : عندما تبرد كتلة صهارية وتتجمد ، تتبقى عنها بقية تختلف عنها تماما . وخذ مثلا ، الجرانيت يتكون من المرو والفلسبار والمايكا ، تتبقى بعد تجمده بقية غنية بعناصر القصدير والرصاص والزنك وغيرها . ذلك لأن تلك العناصر لا تجد لها مكاناً فى تركيب المرو والفلسبار والمايكا . ومن ثم فإن ذرات القصدير والنحاس والزنك ستتركز فى المتبقى من صهارة الجرانيت بعد تجمدها ، جنبا إلى جنب مع معادن مثل الفلورين والكبريت والحديد والباريوم والكالسيوم فى محلول غنى بالماء وثانى اكسيد الكربون . وهذا السائل يكون ساخناً ، ومن ثم يسمى بالمحلول المائى الحرارى Hydrothermal fluid وهو يعتبر مسئولا عن العديد من الرواسب المعدنية . أبسط تلك التواجدات ما تسمى بالعروق ، ويتواجد بها نوعان من المعادن : معادن خامات (Ore minerals) مثل الاكاسيد والكبريتيدات ومعادن غثة (gangue minerals) وهى معادن غير ذات قيمة اقتصادية وتختلط برواسب الخامات . ومن امثلة تلك المعادن الغثة المرو والكالسايت والباريت والفلورايت . ولعلنا نؤكد هنا أن كلمة غثة هذه كانت قد استخدمت بواسطة العاملين فى المناجم قديما ولكن بعض تلك المعادن اليوم ، مثل الفلورايت والباريت لها أهمية لا تُنكر . بعض العروق تحتوى بلورات كبيرة من السيليكات البانية للصخور ، جنبا إلى جنب مع بلورات لمعادن نادرة مثل البيريل والليثيوم واليورانيوم بل معادن خامات مثل-معدن كاسيتيرايت (اكسيد قصدير) . مثل تلك العروق تسمى عندئذ بجماتايت وقد تحتوى بلورات تبلغ أمتاراً عديدة فى طولها .

فى بعض الأحيان تحل المعادن المحمولة بالمحاليل المائية الساخنة محل كتل صخرية موجودة مسبقاً ـ وعادة تكون من الأحجار الجيرية ـ لتكون أجساماً معدنية كبيرة كما هو الحال فى رواسب حديد الواحات البحرية ورواسب الرصاص والزنك فى الشريط الساحلى والرسوبى لخليج السويس والبحر الأحمر . وفى كثير من الأحيان تتسبب المحاليل الحارة فى تحويل الصخور وينتج عن ذلك ارتباط بين المعادن المتحولة ومعادن الخامات

يسمى سكارن (Skarn) . وعادة تترسب معادن الخامات فى نطاقات من حول المصدر النارى . فمثلا من حول كتلة جرانيتية قد توجد معادن القصدير ملاصقة لصخور الجرانيت أو حتى فى داخلها ، يلى ذلك معادن النحاس ثم على البعد معادن الرصاص والزنك . وبطبيعة الحال فستكون للصخور القاعدية ارتباطاتها من خامات المعادن كذلك ، مثل معادن النيكل والبلاتين . . فى مسارها ، قد تملأ المحاليل الحرارية الفجوات فى الصخور النارية ، أو الكهوف فى الصخور الرسوبية أو مكان الفقاعات الغازية (Amygdales) فى اللابة مثلا . بعض المعادن تتكون فى تركيزات أثناء مراحل التبلور المبكر للصخور النارية . فنجد مثلا تركيزات معدن ماجنتايت وهو اكسيد حديد ومعدن إلمينايت (اكسيد حديد وتيتانيوم) ومعدن كرومايت (اكسيد كروم حديدى) شائعة التواجد فى الصخور القاعدية . وتعتبر الرواسب المعدنية التى تحتوى كبريتيدات فريسة سهلة لعوامل التجوية (الجو والماء) وعندما يحدث ذلك تنقلب الكبريتيدات إلى اكاسيد وكربونات (وأحياناً يتحرر المعدن ذاته) ومن ثم يحدث استخلاص للخام . ففى عرق كبيريتيد النحاس مثلا ، قد يستخلص كل النحاس من الجزء العلوى أو الظاهر من العرق ، لتبقى فقط كتلة من الليمونايت (اكسيد حديد مائى) . تحت تلك الكتلة قد توجد كتلة من اكاسيد النحاس ، وكربونات النحاس واحيانا نحاس عنصرى ، ويسفل تلك الكتلة ، نطاق غنى من كبريتيدات النحاس فوق خام النحاس الذى لم يتغير . مثل تلك الكتل من الخامات تعتبر ذات قيمة اقتصادية كبرى .

وأما الرواسب المعدنية المصاحبة للصخور الرسوبية أو المرتبطة معها فنوضحها فيما يلى . إن عمليات الترسيب قد تركز العديد من المعادن الهامة . فمثلا نهرٌ يجرى حاملا الرواسب ، قد يحمل فى طياتها معادن خفيفة مثل المرو ، مخلفاً وراءه المعادن الثقيلة . وبهذه الطريقة تتواجد تركيزات ذات قيمة من الذهب والماس وغيرها من معادن واحجار الزينة (Gems) والكاستيرايت والبلاتين . مثل تلك الترسيبات من المعادن الثقيلة تسمى رواسب البرقة (Placers) والقديم منها يسمى رواسب البرقة الحفرية (Fossil Placers) تتواجد أحيانا فى صخور تبلغ الملايين العديدة من السنين عمراً .

وفى ظروف خاصة تتكون تركيزات عالية من مركبات الحديد (كربونات ، أكاسيد ، سيليكات) خلال العمليات الترسيبية .

بعض تلك التركيزات تتبدى وكأنها تكونت مباشرة من الترسيب من ماء البحر (حديد اسوان) بينما غيرها تتبدى وكأنها من فعل المحاليل الحارة الغنية بالحديد على الصخور سابقة الوجود وبخاصة الاحجار الجيرية (حديد الواحات البحرية) وهناك مجموعة من المعادن (وخاصة الكلوريدات والكبريتات) تنشأ عندما تتعرض كميات كبيرة من مياه البحر لعمليات البخر . وتعتبر مثل تلك المعادن هامة اقتصاديا لأنها المصدر الأساسى للصوديوم والبوتاسيوم والماغنسيوم فى مركباتها المختلفة .

ونعيد القول ثانية فى تكوين المعادن بغرض المزيد من الإيضاح ، فلعله مع المزيد من سبل التناول ، تتضح الصورة وتكون مفهومة . إن تكوين المعادن يكون عادة محكوما بالظروف الكيميائية (بما فيها الظروف الكيميائية الحيوية) والظروف الطبيعية ، وفى الاساس فإن العوامل الحاكمة هى : الحرارة والضغط ثم نوعية ونسب العناصر المتواجدة . والعديد من البيئات ، الشائع تكوين معادن متنوعة ومتعددة فيها ، سيرد ذكرها فى الباب الثالث عند الحديث عن الصخور . ولكننا نُجمل هنا فنقول إن نشأة أو تكوين المعادن ، وخاصة المكونة لصخور القشرة الأرضية ، ترجع إلى الآتى :

- معادن تكونت من الصهارة أو الصهير أو الماجما (وهو مصهور باطن الأرض) (Magma)
- معادن تكونت من محاليل فوق سطح الأرض (Surface Solutions)
- معادن تكونت من مواد لم تبلغ حد الانصهار أو الذوبان بواسطة عمليات التحول (Metamorphism)

ونفصل نوعاً ما ، فنقول إن هناك معادن تتكون من الصهارة أو مصهور باطن الأرض عبر مراحل هى :

١ ــ تبلور مباشر وانعزال البلورات التى تتبلور أولا ، فتكون كاملة الأوجه كالذهب والبلاتين (عناصر) والماجنتايت والإلمينايت (اكاسيد) والبايرايت المغناطيسى (كبريتيد)

٢ ــ مع انخفاض درجة حرارة الصهير ، تبدأ مرحلة تسمى مرحلة التبلور

النوعى ، التدريجى المستمر فى سلسلة الفلسبارات ، وغير المستمر فى سلسلة المعادن الحديدوماغنيسية .

٣ ـ مع مزيد من انخفاض درجة الحرارة ، تبدأ المرحلة البجماتيتية (Pegmatitic stage)

٤ ـ مع الانخفاض فى الحرارة أكثر فاكثر ، تبدأ مرحلة تسمى المرحلة الغازية (Pneumatolitic stage)

٥ ـ واخيراً ، تأتى المرحلة الحرارية التى تتكون من ذاك المصهور فى باطن الأرض بعد اندفاعه إلى القشرة ، وبذلك تبدأ حرراته فى النزول تدريجياً ، وكلما بلغت الحرارة درجة انصهار معدن ما ، بدأت بلورته تتكون .

ثم . . هناك معادن تتكون من محاليل سطحية عبر المراحل التالية :

١ ـ بالتبخير . . مياه البحر والمحيط تتبخر بحرارة الشمس ، ومع تركيزها ، تتكون بعض المعادن .

٢ ـ بالترسيب . . وهما معا — التبخير والترسيب — يكونان معادن بفقدان السائل المذيب أو الغاز المذيب .

٣ ـ بالإحلال . . أيونات فى محاليل تحل محل نظائر لها فى الحجم فى ٭يكل بلورات معادن أخرى كالخشب المتحجر (أوبال)

٤ ـ بتأثير الكائنات الحية كمعادن الكالسايت والكبريت بفعل البكتريا . .

ثم . . معادن تتكون من معادن أخرى بالتحول بالضغط والحرارة والمحاليل الكيميائية فى باطن الأرض .

وعادة تنمو البلورات الطبيعية والتى تلفت النظر بجمالها وهندستها ، حيث :

١ ـ المكونات الذرية أو الأيونية تكون حرة الحركة ، لتنجذب لبعضها بالنسب المقدرة عند خالقها .

٢ ـ الظروف تسمح بالنماء المستمر والبطىء والثابت معدلاً .

٣ ـ حينما يكون السطح الخارجى للبلورة المتنامية طليقاً غير معرض لضغوط بأن يكون فى مساحة واسعة .

ومن الثابت والمؤكد أن البلورات جيدة النماء والتشييد الهندسي ، توجد مبطنة لجدر الفتحات فى الصخور أو داخلها . . الفتحات مثل الكسور والشقوق الصخرية المفتوحة ، والكهوف الذوبانية والفجوات . ذلك لأن الفتحات تستقبل المحاليل بما تحمل من عناصر ، فتجد الفرصة المكانية والزمانية ، متاحة لها لتتجمع فى شكل بلورات تتنامى دون عائق .

بعض من تلك البلورات متناسقة الإنشاء جيدة هندسة البناء ، تُبنى من محاليل مائية ساخنة تسمى عادة بالمحاليل المائية الحارة (Hydrothermal Solutions) بينما قد يبنى سواها كنتيجة لتكاثف الغازات (المرحلة الغازية السابق ذكرها pneumatolytic stage) . وتتراوح احجام البلورات فيما بين تلك التى لا ترى إلا بمدد من عدسة أو مجهر ، وبين أخرى تكبر وتكبر وتزيد حجماً وطولا . . وتبلغ أكبر بلورة عثر عليها من صخور البجماتايت بالقرب من كيستون جنوب داكوتا ، نحو خمسين قدماً (اكثر من ١٥ مترا) طولا من معدن سبوديومين (Spodumene) وعادة تجمع البلورات المجهرية ثم تغمس فى مادة خاصة مناسبة لدراستها وفحصها مجهرياً . كما ان الأوجه البلورية (Crystal-faces) دقت أحجامها أو كبرت ، قد تتردد فى ملمسها ما بين نعومة زجاج المرآة والخشونة الشديدة ما بين محببة ومخدشة . . وكل من الأوجه الناعمة والاخرى المخدشة والخشنة ، قد يتواجد فى ذات البلورة . . كبلورات المرو الكبيرة .

تواجد المعادن :

تقدم الكهوف والكسور الصخرية ، العديد من أنواع المعادن فى أدق وأروع بلوراتها ، التى تحتل أماكنها فى المعارض والمتاحف العلمية . كثرة من تلك الكهوف التى قد تصبح موقعاً متميزاً لنشأة البلورات ، لها مسميات يشيع استعمالها عند الجيولوجيين والهواة الدارسين للمعادن والصخور والرواسب المعدنية . . ونورد هنا بعض الأمثلة :

فقاعات (Vesicles) : تعتبر كهوفاً مستديرة الشكل تماما وتتكون من انطلاق فقاعات غازية من داخل صهير باطن الأرض أو إن شئت مادة الصخر المنصهر حين تأخذ فى

البرودة والتجمد . ومن بين ما يوجد فى تلك الفجوات من معادن ، نجد مجموعة « زيولايت » (Zeolites) و« برهنايت » (Prehnite) والعقيق (Agate) كنماذج من بين معادن أخرى كثيرة شائعة الوجود فى فجوات صخور البازلت .

فجوات (Vugs): وهى الأخرى نوع من الفجوات أو الكهوف فى الصخور الرسوبية تكون مبطنة تماما بالبلورات وبخاصة فى الصخور الكربوناتية والدولوية (Calcarous and dolomitic) . وتسمى الأسطح المغطاة بالبلورات الصغيرة البارزة فى تلك الفجوات باسم مُنتاً (Druse) (وهو وصف توصف به هيئة التجمع البلورى ، الذى يغطى سطحه طبقة من البلورات الناتئة) ، بينما تسمى جيود (Geode) (الحجر المبطن بمواد معدنية) عندما تكون الحشوة المعدنية المتبلورة ، سهلة الالتقاط والفصل عن صخور الفجوة أو الكهوف على شكل عقيدات أو كتيلات . . (مصغر عقدة وكتلة) .

كهوف ذوبانية (Solution cavities): وهى تلك التى تتكون عندما تنساب المحاليل (الأمطار مع غاز ثانى أكسيد الكربون) مكونة حمض الكربونيك مثلاً ، عبر الصخور فتعمل على إذابتها . وتؤدى وفرة تلك المحاليل وتكرار انسيابها إلى توسيع الكهوف والفواصل ومستويات التطابق ، لتعطى كهوفاً أوسع ، يعقب تكوينها ، ترسيب معادن فيها . وفى مثل تلك الكهوف ، يوجد عادة العديد من رواسب الخامات المعدنية ذوات البلورات الكبيرة مثل « سفاليرايت وجالينا » (Sphalerite, Galena) بجانب أفضل أنواع رواسب الكهوف من مثل الصواعد والهوابط (Stalagmites, Stalactites)

نطاق جز (Shear zone): وهذه قد تشكل شقوقاً مفتوحة ، لأنها النطاق الذى تكثر فيه الفواصل التى تتكون فى الصخور نتيجة لانزلاق كتل الصخور بعضها على بعض ، فيحدث ما يشبه الجز بالمقص . ونطاق الجز حين يكثر فيه تمزق الصخور ، تتحول إلى جريش صخرى فى هيئة الصخور المسماة البريشة التى تحتوى العديد من المساحات المفتوحة . وهذه الأخيرة ، قد تُملأ من بعد كلياً أو جزئياً بالمعادن لتكون العروق (Veins) وتلك التى تُملأ جزئيا فقط بالمادة المعدنية تكون الفرصة فيها متاحة لتعطى بلورات كاملة ورائعة التكوين . .

فجوات فى صخور الجرانيت (Miarolitic cavities):وهى ما يشيع تواجدها فى الصخور الجرانيتية بوجه خاص ، حيث كانت فقاعات من غازات ومواد طيارة محبوسة فى الصهير الآخذ فى التجمد بالتبريد . مثل ذاك الغاز الحبيس يُعطل ويقلل من النماء الحر لبلورات بعض المواد مثل بعض البلورات الدقيقة للمكونات المعدنية للصخور ، التى ربما منها الفلسبارات والمرو .

صخور البجماتايت (Pegmatites):تستخدم هذه الكلمة بشكل وافر للدلالة على أى صخر يتسم بكبر حبيباته بشكل غير عادى ، وبحيث تكون تلك الحبيبات متداخلة بما يوحى بنسيج أشبه ما يكون بنسيج الصخور النارية (Igneos like texture) ومع أن غالبية صخور البجماتايت لها تركيب الصخور النارية الجرانيتية إلا أن البعض منها قد يتراوح فى تركيبه ما بين الصخور فوق القاعدية مثل « البيريدوتايت » (Peridotite) والصخور المتوسطة التركيب مثل « السيانايت » (Syenite) وتزيد أبعاد غالبية حبيبات صخور البجماتايتات عن السنتيمتر ، بينما وجدت بعض الحبيبات التى بلغت أطوال محاورها أمتاراً قليلة . وقد تحتوى أو لا تحتوى الكتل الصخرية البجماتايتية ، خليطاً متجانساً من بلورات البرثايت والميكروكلين والمرو (Perthite, Microcline, Quartz) مع كميات قليلة من المعادن الملونة مثل « البايوتايت » . وهى عندئذ تعرف بالبجماتايت البسيط بينما غيرها قد يكون نطاقياً (Zoned) ويحتوى بجانب ما ذكر على كميات كبيرة من معدن ألبايت (Albite) وأخرى من معادن « أباتايت وبريل وتوباز وتورمالين » ملون . وتتكون البجماتايت البسيطة بشكل عام على هيئة كتل صفائحية تسمى قواطع (Dikes) وتحتوى القليل من البلورات الملفتة للنظر جمالاً واكتمالاً . بينما تلك المركبة تكون عادة ذوات أشكال غير منتظمة أو عدسية وتحتوى على بلورات كبيرة وجميلة . وفى غالب الأحيان فإن البلورات والتى تكون جيدة التشكيل تماماً ، قد تتواجد فى جيوب صخرية ويسهل استخلاصها مما يحيط بها ، شريطة ألا يكون العنف سبيل ذلك . وعادة تتجمع البلورات التى تستلزم ظروف تكوينها حرارة وضغطاً وكيميائية عادية . . تتجمع مع بعضها تحت تلك الظروف الحاكمة . . بينما تلك التى يتطلب تكوينها ظروفاً مختلفة فهى لا تتجمع سوياً . . وعلى ذلك ، فمعرفة الصحبة المعدنية (Mineral Association) يُعد وسيلة ذات قيمة فى الاهتداء إلى المعادن المطلوبة .

التعرف على المعادن :

لقد بلغ عدد ما يعرف من معادن حتى اليوم ، نحو ثلاثة آلاف معدن . وكل من هاتيك المعادن يمكن التعرف عليه بالفحص المجهرى أو بالأشعة السينية أو بالتحاليل الكيمياوية أو التحاليل الحرارية أو باكثر من طريقة واحدة من الطرق المذكورة . لكن بعض المعادن الشائعة نسبياً ، مما تلفت نظر الانسان ، يمكن التعرف عليها فى العينات اليدوية على أساس مظهرها ، أو بتعرضها للقليل من الفحوص البسيطة . والطريقة العامة للتعرف على المعادن هى أن تُطابق أو تضاهى خواص المعدن المجهول بمثيلاتها فى المعادن المعروفة ، ويؤخذ فى الاعتبار عادة الخواص التالية :

اللمعان (Lastre or luster):وهو المظهر الذى يبدو به سطح مكسور حديثاً لمعدن ، فى الضوء المنعكس (Reflected) ويمكن التعرف على كثير من المعادن بواسطة اللمعان . فمن المعادن ما يكون لمعانه فلزياً أو غير فلزى أو حتى ما نسميه تحت فلزى (Submetallic) وهى المعادن ذات البريق غير المكتمل مثل معدن « الكولمبايت والولفرامايت» . ويتم ذلك بواسطة بعض المصطلحات الوصفية مثل المكسر الماسى أو الساطع (وهى صفة للبريق الذى يشبه بريق الألماس ، وقد يطلق وصفا للمعادن عالية الصلادة أيضا) . وهناك أيضا البريق الزجاجى واللؤلؤى والحريرى والردىء .. الخ .

اللون (Colour)؛ يعتبر وجود اللون أو عدمه أو نقصه فى المعدن وسيلة ذات نفع فى التعرف عليه . فالكثرة من المعادن تكتسب إما لونا موروثا (Inherent) أو لونا غريبا أو مكتسباً (Exotic) واللون الموروث هو ذاك الذى يتوقف على التركيب الكلى للمعدن مثل اللون الذهبى لمعدن الذهب العنصرى . أما اللون المكتسب أو النقيل الأجنبى فيتوقف على تواجد — وإن كان تواجداً شحيحاً — بعض العناصر المنتشرة خلال مكونات المعدن ووحدات بنائه مثل الشوائب أو الصبغة (Bigment) فالعديد من الألوان التى يرى بها معدن المرو— مع كونه عديم اللون وراثيا ـ تُعد من المكتسبات الخارجية . ولكن هناك قلة من المعادن مع ذلك تكتسب مؤثرات لونية إضافية مثلما يوجد فى خاصية تلاعب الألوان (Play of coloures) ثم إن اللون فى حد ذاته — وفيزيقياً — ينتج من قدرة

المعدن على عكس نوع معين من الموجات الضوئية التى ينحل اليها الضوء الأبيض العادى التى تسمى بألوان الطيف . فالمعدن الأحمر مثلا ، يمتص جميع الوان الطيف ويعكس الحمراء منها فقط . أما المعدن الأبيض اللون فيعكس جميع ألوان الطيف بنسب متساوية . أما المعدن الأسود فهو بالضرورة يمتص جميع الموجات الطيفية والمكونة فى مجموعها للضوء العادى . الألوان التى تتميز بها المعادن تكون ثابتة دائما . . وإن حدث تغير ، فبسبب الشوائب أو الصبغات كما ذكرنا ، أو قد يكون بسبب موقع الألوان فى التركيب الذرى أو بسبب التركيب الكيميائى وتكافؤ العناصر المكونة للمعدن ، أو حتى بسبب نوع الرابطة بين وحدات البناء . ولقد يتبع خاصية اللون كذلك ، ما يُسمى بتلاعب الألوان حين تتتابع الألوان سريعاً عندما تدار بلورة المعدن حول نفسها ببطء ، أو عندما تتحرك العين بالنسبة للمعدن ، مثل معدن الماس واللابرادورايت (Diamond and Labradorite) كذلك من توابع اللون خاصية التضوء (أى يعطى ضوءا) إذا ما حول ذاك المعدن الطاقة من حال إلى حال ، كأن يُعرَّض للحرارة أو الاشعات المختلفة فيحولها إلى ضوء ولون . .

المخدش أو الحكاكة (Streak):وهذا هو لون مسحوق المعدن الذى له أهميته كذلك فى التعرف على المعدن مثلما يحدث فى حالتى معادن الحديد « الهيماتايت والليمونايت » . فلون المسحوق هنا قد يختلف تماما عن اللون الظاهر الذى يبديه المعدن فى حالته الكتلية . . علينا هنا أن نلاحظ أن لون المسحوق يختلف أساسياً وكلياً عن لون حبيبات المعدن الدقيقة . وللتعرف على تلك الخاصية ، يمكن استخدام نصل ، أو طحن قطعة صغيرة من المعدن فى هون خزفى ، أو حتى بسحق المعدن بالشاكوش ، أو إن شئت الدقة فبما يسمى بلوحة المخدش وهى قطعة من الخزف الأبيض يُحك عليها المعدن كأنما يكتب عليها . وليست بالضرورة كل أثار المعادن ملونة وإنما منها ما هو عديم اللون ، أو أبيض اللون . وطبيعى أن تكون أحسن الآثار الدالة ، ما أختلف لونها عن لون المعدن ذاته . فالهيماتايت لونه ضارب إلى السواد ، بينما لون أثره أحمر دموى ، والبايرايت لونه فى صفرة النحاس أو الذهب ، بينما لون مخدشه بنى مسود . ويعطى الكالسايت أثراً أبيض ، بينما تكون بلوراته إما عديمة اللون شبه شفافة أو بيضاء مشربة بزرقة أو صفرة أو حتى حُمرة . وفى كل الحالات إن لم يكن الدارس أو الهاوى من ذوى الدربة والخبرة فى

ذاك الشأن ، فلا يجب أن يعول على تلك الخاصية كثيراً ، بل إن ثلة من المعدنيين ذوى المهارة الفائقة فى فحص وتحرى المعادن ، قد يعانون من عمى الألوان . .

الصلادة (Hardness): والتى هى عبارة عن قدرة المعدن على مقاومة خدشه . وعادة تقاس تلك الخاصية نسبياً ، بالمقارنة ، بمعنى هل هذا المعدن أصلد من غيره أم أقل منه صلادة . . إلا أن هناك ما يشبه القياس الكمى للصلادة ، برقم على مقياس اقترحه لأول مرة فردريك موهز (F. Mohs) حوالى عام ١٨٢٠ . ولقد اختار موهز عشرة معادن شائعة لتمثيل درجات صلادة مختلفات للمعادن . وتترتب المعادن العشرة ابتداء من أقلها قيمة ، وصعوداً إلى الأعلى على النحو التالى : (١) طلق (Talc) (٢) جبس (gypsum) (٣) كالسايت (Calcite) (٤) فلورايت (Fluroite) (٥) أباتايت (Apatite) (٦) آرتوز (أورثوكلاز) (Orthoclase) (٧) مرو (Quatz) (٨) توباز (Topaz) (٩) قورندوم (Corundun) (١٠) ماس (Diamand) .

ولكى نعين قيمة الصلادة لمعدن بمقياس موهز يتعين على المرء أن يحاول أن يخدش مكسراً حديثاً لمعدن معروفة درجة صلادته ، مع طرف حاد للمعدن المجهول أو العكس بالعكس . ولسوف يخدش كل معدن طبعاً ، الأخر الأقل منه صلادة . فمثلاً المعدن ذى الصلادة ٢,٥ سوف يخدش معادن الطلق والجبس ولكنه سيُخدَش هو بمعدن الكالسايت أو المعادن ذات الصلادة ٢,٥ أو الأعلى منها . ومع أنه توجد ما تسمى باقلام الصلادة (Hardness Pencils) وهى عبارة عن قضبان صغيرة بأطراف تلتصق عليها مواد ذوات صلادة محددة القيمة ، إلا أن غالبية الجيولوجيين يقدرون الصلادة التقريبية لما يجدون من معادن بما فى أيديهم من أدوات ، وبخبرة محدودة يمكن تمييز الفروق . واكثر ما يُستعمل تلقائياً هو ظفر اليد وبه يمكن تقدير الصلادة حتى (٢,٥) ، ثم العملة النحاسية حتى (٣,٥) ، ونصل المطواة أو طرف الشاكوش أو قطعة من زجاج النافذة حتى (٥,٥) وبلورة كوارتز حتى (٧) . وعند تقدير صلادة معدن ما ، لابد أن نأخذ فى اعتبارنا أموراً ثلاثة ، هى :

١ ــ لا تخطىء فى مسحوق المعدن الذى يكون عادة على سطح المعدن وبالتالى أقل صلادة من المعدن ذاته .

٢ ـ لا تخلط بين تمزق أو تهشم حبيبات تجمع معدنى إلى اجزاء صغيرة ناتجة عن الانفصال ، وبين المعدن ذاته .

٣ ـ تذكر أن هناك قلة من المعادن مثل معدن الكايانايت (Kyanite) تكتسب خواص تماسكية (صلادة) باختلاف اتجاهات المعدن ذاته .

نعود ثانية إلى الصلادة ، لنقول إنها ليست القدرة على مقاومة الخدش فقط ، وإنما هى فى واقع الأمر عدة خواص تسمى فى مجموعها بالخواص التماسكية التى تتوقف على :

(أ) التركيب الذرى للمعدن ، أى ترتيب الذرات ، أو وحدات البناء ، داخل بلورة المعدن .

(ب) قوى الربط بين الأيونات أو الذرات (وحدات البناء) المكونة أو البانية لبلورة المعدن .

وقدرة المعدن على مقاومة الخدش إحدى الخواص التماسكية . ويعتبر التشقق أو الانفصام ، وهى شقوق (Cleavages) فى بعض المعادن موروثة منذ التشكيل الأول أو التصميم الأول لبناء البلورة ، كما فى معدن الهورنبلند (Hornblende) ومعدن الأوجايت (Augite) تعتمد على الترتيب الذرى الداخلى . إنه تشقق يظهر بالطرق الخفيف على المعدن ، إن لم يكن ظاهراً أصلاً ، فى اتجاهات منتظمة وثابتة الزوايا لكل معدن ، لتعطى سطوحاً مستوية ناعمة تعرف بمستويات التشقق (Cleavage planes) وعادة ما تكون سطوح أو مستويات التشقق تلك موازية دائماً لوجه حقيقى أو وجه محتمل من أوجه البلورة .

كما أن التشقق هذا ، يحدث عادة على طول أحد المستويات الرئيسية فى التركيب الشبكى البلورى حيث تكون فيه الذرات متقاربة (مزدحمة) والروابط بينها قوية . . ويعتبر معدن المايكا (Mica) نموذجيا فى ذلك ، لأنه يعتمد فى تركيبة على مجموعة السيليكات (س أ٤) رباعية الأوجه والتى تكون باتحادها مع بعضها صفائح مستمرة من تلك المجموعة . وترتبط (الصفائح) مع بعضها بروابط أقل قوة ومتانة بواسطة أيونات البوتاسيوم . وينتج التشقق عندئذ من تفكك الرابطة الأقل قوة بين البوتاسيوم والاكسجين . وقد يوجد أكثر من اتجاه واحد للتشقق . ويدل على الانفصام ، وجود

فواصل منتظمة المسافات والأبعاد والزوايا والاتجاهات على سطح ناعم من أسطح بلورة المعدن .

معنى ذلك أن التشقق أو الانفصام لا يوجدان إلا فى المعادن المتبلرة . . فى البلورات . . أما غير المتبلرة . . فلا يوجد بها ذرات منتظمة فى بناء هندسى ، ومن ثم ، لا يحدث تشقق منتظم . إلا أن هناك من صفات التماسك ، ما نسميه الانفصال أو الفصل (Parting) ، وهى مستويات ضعف ، ليست كما فى التشقق نتيجة للبناء الذرى ، وإنما هى نتيجة لعوامل خارجية تتعرض لها البلورة بعد تمام بنائها بالضغط أو التكسر أو غيرها من عوامل تهدم البناء بعد تمامه . لهذا ، فمن البديهى ألا يكون الانفصال سمة مميزة للمعدن توجد فى كل بناياته — بلوراته — مهما اختلفت زمانا ومكانا — كالحال فى التشقق وإنما الانفصال قد يوجد فى بلورة تعرضت لهدم ، ولا يوجد فى أخرى لم تتعرض لهدم ، ومن ثم ، يمكن ايجاز الفروق بين وجهين من أوجه الخواص التماسكية للمعادن ، ونعنى بهما التشقق أو الانفصام والانفصال أو الفصل ،على النحو التالى:

التشقق (الانفصام)	الانفصال (الفصل)
١ ـ يخضع للبناء الذرى الداخلى للبلورة .	يخضع لعوامل خارجية بعد تمام البناء .
٢ ـ يحدث أثناء نمو البلورة	يحدث بعد تكوين البلورة .
٣ ـ يوجد فى جميع بلورات المعدن (وراثيا)	يوجد فى البلورات التى تعرضت لآثار خارجية فقط .
٤ ـ يحدث منتظما وعلى مسافات وزوايا متساوية	يحدث عشوائياً .

يتبقى من الخواص التماسكية ، ما يُسمى بالمكسر أو المظهر الذى يبدو عليه المعدن حين يكسر(Fracture) وهو بالضرورة غير التشقق أو الانفصام ، وغير الانفصال كذلك . وينتج عن كسر المعدن عادة ، سطوح تتميز بأشكالها ، فتكون من بعد ، ميزة يتميز بها

المعدن ، وبها يعرف . وهى خاصية توجد فى بعض المعادن وبخاصة غير المتبلورة منها . وهناك مكسر شكله يوحى بشكل الصدفة أو المحارة ، ومن ثم ، يسمى محارياً أو صدفياً . . كل هاتيك وغيرها كثير يمكن أن تتضمنه الخواص التماسكية لمعدن ما .

الوزن النوعى (Specific gravity) : ويعرف بأنه النسبة بين وزن مادة ووزن حجم مساو من الماء عند ٤° م ، وتحت ضغط جوى واحد . وتستخدم كلمة كثافة ، كمرادف للوزن النوعى عند بعض الناس (جرام / سم٣) ويقدر الوزن النوعى للمعادن بسهولة برغم ما يجب أن يصاحب ذلك من احتياطات . والطريقة الشائعة فى ذلك ، هى ببساطة ، عبارة عن وزن العينة فى الهواء ثم وزنها ثانية غاطسة فى الماء . ويكون الوزن النوعى عندئذ هو :

$$\frac{\text{الوزن فى الهواء}}{\text{الوزن فى الهواء} - \text{الوزن فى الماء}}$$

طبقا لقاعدة أرشميدس المشهورة . . وتعتبر الكثافة النوعية مفيدة بشكل خاص عندما يراد التعرف على عينة ما دون تعريضها لاختبار قد يدمرها ، مثل خدشها لتحديد صلادتها مثلاً أو معرفة لون حكاكتها أو مسحوقها . ومن ناحية أخرى فيجب أن نذكر أن تلك الطريقة تعد غير مريحة وغير علمية ، وبخاصة فى الحقل ، بسبب ما تتطلبه من أجهزة ومعدات . ولقد استخدمت طريقتان للتغلب على مثل تلك الصعوبة — صعوبة تعيين الكثافة فى الحقل — هما :

١ ــ بالخبرة ، حيث إن بعض الناس لديهم القدرة على معرفة الوزن النوعى بمجرد حمل ورفع العينة فى يده .

٢ ــ بإمكانية تواجد واستخدام محاليل ذات كثافات نوعية مختلفة ، فتغوص العينات إذا كانت كثافتها أعلى من كثافة المحلول ، بينما تطفو إذا كانت أقل كثافة من المحلول ، أو تبقى عالقة إذا ما تساوت الكثافتان .

شكل البلورة (Crystal habit) يعرف الشكل الذى تظهر به البلورة للعين باسم هيئة البلورة ، وهى تتوقف على طبيعة وتركيز المادة والظروف المحيطة بالتكوين والنماء . ولكن لنتذكر : أن أى تغيير فى هيئة البلورة لا يتبعه أبداً أى تغيير فى قيم الزوايا بين

الأوجه البلورية التى هى بصمة كل معدن ، إذ أن اختلاف الاحجام أو حتى عدد الأوجه يعتبر أمراً ثانوياً . . فهناك الأمر الهام الذى يسمى : ثبات الزوايا بين الأوجه لكل معدن . إن زاوية الميل بين وجهين من أوجه البلورة (زاوية بين وجهيه) تعد ثابتة فى بلورات المعدن الواحد عند درجة الحرارة الواحدة مهما اختلفت مظهرية البلورة للمعدن فى الطبيعة ، ومهما تغير بها الزمان والمكان . هذا القانون يعد من القوانين الأساسية والهامة لعلم البلورات ، إذ به يمكن التعرف على كثرة من المعادن إذا ما قيست زواياها بين الوجهية — بدقة ، بواسطة جهاز يسمى « جونيوميتر » الذى يقيس الزوايا المكملة لمعرفة الزوايا الوجهية الناتجة عن تلاقى أى وجهين متجاورين فى البلورة . من هنا نقول قد يختلف المظهر ، ولكن تبقى الزاوية ثابتة ، إذ ما اختلف المحلول تركيزاً ونقاوة ، وإذا ما اختل معدل التبريد أو ضاق أو اتسع حيز التكوين . فقد تتسبب تلك الظروف فى إضافة وحدات بنائية بنسب متساوية فى الأبعاد الثلاثة ، فينتج المكعب ، أو تضاف الوحدات بسرعة فى بعدين فقط طبقاً للحيز ، الذى يجعل اضافة تلك الوحدات فى البعد الثالث بطيئة ، فتتفلطح البلورة ، أو تضاف الوحدات البنائية بسرعة كبيرة نسبياً ، فى بعد واحد فقط ، فتكون البلورة الناتجة منشورية الشكل . أما إذا كانت الإضافة بسرعة كبيرة جدا فى بعد واحد ، كانت البلورة إبرية . . وهكذا ، فإن اختلاف المظهر مرتبط بظروف النماء ، ولكن تبقى الزاوية بين الأوجه ثابتة . . مهما تغيرت تلك الأوجه . إن تشوهاً للبلورة قد حدث ولكن الزاوية ثابتة . . لكل بلورة معدن . . . من هنا ، كانت دراسة أشكال البلورات وهيئاتها ، ذات قيمة وبخاصة فى تعريف العينات اليدوية . ذلك لأن للعديد من المعادن أشكالها البلورية المميزة أو الشائعة . وكل الأشكال البلورية المعروفة تنتمى لواحد من ست فصائل بلورية كما فى الشكل .

بجانب ذلك ، فإن ترتيب الوحدات البانية يعطى أشكالاً يشار إليها بمصطلحات وصفية تعبر عن الهيئة ، فيما يلى بعض منها :

١ ــ البلورات الإبرية (Acicular) وتشير إلى بلورات تتخذ شكل الإبر .

٢ ــ البلورات الشجرية (Denderitic) وتشير للاشكال التى تشبه النباتات .

٣ ــ التجمعات العنقودية (Colloform or Botryoidal) وهو وصف للهيئة التى توجد عليها بعض المعادن التى تشبه فى مظهرها الخارجى عنقود العنب مثل معدنى « الملاكايت

والجوثايت » (Malacite and goethite) ويستخدم هذا الوصف للتعبير عن المجاميع المتميزة بأسطح خارجية بها استدارات أو بروزات على شكل أنصاف الكرات ، وعندما تكسر فإن تلك الكتيلات أو العقيدات تعطى تركيباً متشععاً أو متمركزاً ، أو كليهما معاً .

٤ ــ التجمعات فى الهيئة البطروخية (Oolitic) ويطلق هذا المصطلح على التجمعات التى تشبه بطارخ السمك (Fish roe) أو السرئيات وهى أجسام كروية أو اهليليجية قد تحتوى على نواة ، وتتردد أقطارها بين ٠,٢٥ مم و ـــ ٢,٠ مم . لكل منها تركيب مركزى أو متشعع أو كلاهما وتكون فى العادة جيرية أو سيلكية أو هيماتايتية أو غيرها .

٥ ــ الهوابط (Stalactites) ويشبهها البعض بالدلدول الجليدى (Icicle like) وهى أعمدة اسطوانية أو مخروطية من رواسب معدنية ، تتكون فى العادة من الكالسايت أو الأراجونايت ، تهبط تدريجياً من أسقف المغارات والكهوف .

كما تستخدم فى وصف التجمعات البلورية أوصافاً أخرى ، فنجد هناك مثلا الارضى المتماسك (Compact earthy)والشعرى (كالشعرة) Fibrous وإن شئت الدقة كالألياف ، وهى صفة للمعادن الخيطية الشكل مثل « أكتينولايت » و « تريمولايت » ومنها الصفائحى (Platy) والنصلى (Blady) وهى بلورات مفلطحة مستطيلة تتخذ شكل نصل السكين أو حتى ورق النبات . . وهى فى مجموعها مصطلحات تشتمل فى مبناها على معناها .

ومن الخواص الأخر ، التى يمكن ان تفيد فى التعرف على المعدن ، نذكر الشفافية (Diaphaneity) والمغناطيسية (Magnetism) ودرجة الذوبان النسبى (Relative Solubility) والمذاق (Taste) والملمس (Feel) والرائحة (Odor) واللمعان (Luminescence) والتفسفر والاستشعاع أو اللصف (Phosphorescence and Fluerescence) والاشعاعية (Radioactivity) والصلابة أو المتانة (Tenacity) . . الخ ونتكلم هنا عن بعضها . .

ــ الشفافية : بعض المعادن تكون شفافة (Transparent) لدرجة يمكن الرؤية من خلالها . والبعض شبه شفاف (شفيف) (Translucent) بحيث يسمح للضوء أن يمر خلالها فقط أو أن تكون معتمة (Opaque) لا تسمح بهذا أو ذاك .

ــ المغناطيسية : وهى الخاصية التى تسبب انجذاب المعدن إلى المغناطيس مثل معادن « ماجنتايت وبيرهوتايت)

ـ الذوبان : مثل قابلية معدن « هالايت » والعديد غيره للذوبان فى الماء . وهناك ما يذوب فى الاحماض المخففة أو المركزة .

ـ الملمس : تبدى بعض المعادن مثل « طلق وجرافيت وسربنتين » ملمساً ناعماً كالشحم أو كالصابون .

ـ الرائحة : بعض المعادن تعطى رائحة مميزة كمعدن « أرزينوبايرايت » عند كسره أو خدشه أو تسخينه أو التأثير عليه بمحاليل أخرى .

ـ الفسفرة والاشعاع : بعض المعادن مثل « كالسايت وفلورايت » وغيرهما تعطى ألواناً مميزة عندما تتعرض للأشعة فوق البنفسجية (Ultraviolet) أو الضوء الاسود Black light .

ـ الاشعاعية : بعض المعادن مثل معدن (يورانينايت » تحتوى عناصر مشعة ، تخرج شحنات تتسبب فى أن يُصدر عداد « جايجر » ضوءاً أو صوتاً معيناً (وهذا جهاز يسهل حمله ، يستعمل فى الكشف عن الخامات المشعة) .

ـ الصلابة أو المتانة : والاختلاف فى قيمتها يؤدى إلى قابلية المعدن للطرق والسحب من عدمه ، فالذهب قابل للسحب والجارنت يتهشم . وبعض صفائح المعادن بلاستيكية « كالمايكا » بينما صفائح « الكلورايت » لا تكون كذلك .

وعموما فإن كل هاتيك الخواص انما تُعد فى مجموعها ، ثلة من مميزات بها تتميز معادن عن غيرها ، ومن ثم فهى مفيدة لا شك فى التعريف بها أو التعرف عليها .

أشباه المعادن (Mineraloids) والزجاجيات (Glasses) والأمينيات (Macerals)

تلك أنواع ثلاثة من المواد الطبيعية ليست معادن ولكن يشيع تكونها وتواجدها مع المعادن ، ومن ثم ، فهى تعد ذوات أهمية فى الدراسات الجيولوجية . فأما أشباه المعادن فهى مواد غير عضوية تماماً ولها العديد من الصفات التى تعزى للمعادن إلا أنها غير متبلورة (لا تتميز مكوناتها بترتيب معين ومن ثم لا تتخذ اشكالاً هندسية) (Amorphous) وأفضل ما يؤخذ مثالاً لتلك المواد هو الأوبال (Opal) وهو حجر سماوى اللون يسمى عين القط وهو وإن يكن منعدم التبلور تماماً ، إلا أنه بقدر أن يكون من الهلاميات أو الجيلاتينيات . وأما الزجاج وهو كذلك غير متبلور ، فهو ينتج عند التبريد الفجائى أو

السريع لمادة مصهور الصخور (الماجما) . وينتج عن ذلك التبريد السريع سائلا فوق المبرد (Supercooled) ينقصه التركيب الداخلى المنتظم اللازم لتكوين بلورات وتعتبر الصلابة أو اليبوسة التى تصيب الزجاج مجرد تعبير عن اللزوجة المتناهية (Viscosity) . ويكون الزجاج الطبيعى جزئيا أو كلياً بعض الصخور الناتجة عن التبريد السريع للماجما أو الصُهارة (ذوب الصخر فى باطن الأرض) . ويعتبر صخر أوبسيديان (Obsidian) المثل الأكثر شيوعاً للزجاج الطبيعى . وقد يتكون الزجاج الطبيعى أيضا بطرق أخرى منها على سبيل المثال عندما تضرب الشهب والنيارك (Meteorites) سطح الأرض أو عندما تبلغ الصواعق الكهربائية رمال الصحراء .

وأما الأمينيات (Macerals) فهى مادة الوحدة العضوية المجهرية مثلها فى النسيج الخشبى والبذور وحفريات الفحم الحجرى وهى تعتبر بشكل عام بالنسبة للفحم كما المعادن بالنسبة للصخر . وكما أن غالبية مسميات المعادن تنتهى بالأحرف (ite —) فإن غالبية مسميات الأمينيات تنتهى بالأحرف (inite —) وعلى عكس المعادن التى يمكن التحكم فى مسمياتها فإن مسميات الأمينيات غير ذلك تماماً ، لأن دارسى خواص الفحم والجيوكيمياء العضوية والحفريات الأدق ، جميعهم يميلون لاستخدام مسميات متعددة ومتنوعة ومختلفة . .

وقبل أن نخلِّف المعادن وراءنا . . تشدنى بعض مصطلحات معجم الجيولوجيا الطبعة الثانية — ١٩٨٢ — مجمع اللغة العربية) عن المعدن وما حوله . . فنجد .

● معدن (Mineral) مادة غير عضوية طبيعية متجانسة التركيب لها صفات فيزيقية متجانسة وتركيب كيميائى ثابت . وقد توجد المعادن فى الطبيعة متبلورة أو غير متبلورة وتكون وحدات تركيب الصخور .

● إثراء معدنى (Mineral Enrichment) : رفع المحتوى الفلزى لخام معدنى بفعل العوامل الطبيعية .

● سَحْنة معدنية(Mineral Facies) تعبير يعنى كل الصخور التى تكونت فى ظروف متشابهة من حرارة وضغط تؤدى إلى تكوين مجموعة معينة من المعادن فى تلك الصخور نتيجة لحدوث تركيب كيميائى خاص .

● نبع معدنى (Mineral Spring) : نبع يحوى ماؤه كميات كبيرة من الأملاح المعدنية عادية أو نادرة .

● تمعدن (Mineralization) وهى هنا تعنى عملية التخلل أو التزود بالمعادن أو العمل على تكونها ، وهى تعنى كذلك عملية التغير إلى معدن مثل تغير فلز إلى اكسيد أو كبريتيد .

● السامة ـ عرق متمعدن (Mineralized vein) وهو عرق يحوى معدناً مقوماً كسامة الذهب (Gold vein) وسامة الفضة (Silver vein) وغيرهما . وتصغير السامة (عرق) هو سويمة (Streinger) أو عريقات .

● نطاق متمعدن (Mineralized zone) : مسطح أو حزام حامل للمعادن ممتد فى منطقة ما ، ويتميز عادة بالاتساع إذا قورن بالعرق المعدنى .

● عامل مُعدِّن (Mineralizer) : عامل يشمل المواد التى تقلل درجة الحالة السائلة ، وتقلل اللزوجة وتسهل التبلور ، وتساعد على تكوين المعادن الحاوية لهذه المواد عند وجودها فى الصُهارة . وتتكون المحاليل المائية الحارة (Hydrothermal) بتركيز هذه العوامل المعدنية .

● مُعَدنات (Mineralizers) : غازات وأبخرة صُهارية نشيطة مثل الأيدروجين وبخار الماء ومركبات الفلور والبورون والكبريت والكربون ، وهى تساعد على تكوين المعادن واستخراج وتركيز المركبات الفلزية من الصُهارة .

● وأخيراً ، فإن علم المعادن هو فرع من أفرع علم الجيولوجيا الذى يبحث فى المعادن من حيث تكوينها وتركيبها وخصائصها الكيميائية والفيزيقية ، وتصنيفها ، وأحوال وجودها ، وفوائدها .

* * *

الكشف عن أو تحرى وجود المعادن (Exploration for minerals)

إن الطلب المتزايد على المعادن ، يعنى أن على الجيولوجيين دور هام فى استنباط طرق جديدة للكشف عن وتحرى وجود المعادن فى الطبيعة ، وخاصة رواسب الخامات

ذات القيمة وبخاصة فى أيامنا هذه بعد أن استغلت ما كان مكشوفا منها على السطح . ولم يتبق اليوم إلا الاجسام والرواسب الخبيئة تحت أغطية من الصخور أو التربات ، سمكية سمكية . وبإمكان الجيولوجى اليوم أن يستخدم فى سبيل ذلك عدة سبل باعتبار أن الخامات المعدنية أضحت اليوم قضية هامة . وقبل أن تكون هذه قضية الجيولوجى فقط ، فهى وفى المقام الأول قضية اقتصادية . وهى قد تعالج بسبل عديدة .

السبيل الأول : استغلال الكتلة الصخرية المحتوية على المعدن المطلوب بكاملها لاستخلاص ما يحتويه .

الثانية : اللجوء إلى التعدين على أعماق أبعد . .

الثالثة : اللجوء إلى استغلال المعادن من مياه ورواسب البحار والمحيطات .

الرابعة : اعادة استغلال المعادن التى استغلت (الخردة) .

الخامسة : الاعتماد على مصادر الطاقة غير الحفرية بعد أن أذنت الأخيرة بالمغيب .

وعلى كل حال ، فكل تلك الأمور تستلزم تزايد النشاط الاستكشافى ورفع الأسعار لتشجيع استغلال الخامات الفقيرة ، ثم المزيد من التقدم التكنولوجى فى وسائل الاستخراج والمعالجة . ويلزم بعد ذلك وقبله تقديرات موثوق بها عن احتياطيات ومصادر الخامات . إذ الاحتياطى هو كمية الراسب المعدنى الموجود فى الصخور المعروفة والمحددة معالمها والذى يمكن استخراجه منها مع تحقيق ربحية باستخدام الوسائل التكنولوجية المتاحة وتحت الظروف الاقتصادية السائدة . وأما المصدر فهو يضم الاحتياطى المحسوب جنبا إلى جنب مع ما يكون فى الامكان استخراجه اقتصاديا فى المستقبل مما لا تسمح الظروف سواء كانت اقتصادية أو فنية تكنولوجية باستخراجه حاليا ويضم المصدر بناء على ذلك أى خام لم يكتشف بعد ولم يظهر للعيان ، ولكن الشواهد الجيولوجية أو الجيوكيميائية أو الجيوفيزيقية تشير إلى امكانية العثور عليه . والاحتياطيات بدورها تنقسم إلى احتياطيات مؤكدة ، واحتياطيات محتملة ثم احتياطيات مؤمل فيها . وأما الجدوى الاقصادية لكل ذلك فهى أيضا على مراتب ثلاث :

١ ــ خامات يمكن استخراجها حالياً واقتصادياً .

٢ ــ خامات حَدِّيَّة ، وهى التى تبلغ تكلفة استخراجها مرة ونصف قدر التكلفة الحالية .

٣ ــ خامات غير اقتصادية تزيد تكلفتها عن مرة ونصف قدر التكلفة الحالية .

وغنى عن البيان ان غِنى أى دولة أو فقرها ، مرتبط بما فى أرضها من ثروات طبيعية وما فى رجالها من همم وفاعلية . فالاقتصاديون يربطون بين الانتاج القومى وبين رأس المال والعمل . ومع تعديل بسيط نرى أن هناك علاقة بين مستوى المعيشة واستخدام الموارد المعدنية والطاقة يمكن أن تصاغ فى معادلة كما يلى :

$$\text{المستوى المعيشى} = \frac{\text{استخدام كافة الموارد الأولية} \times \text{استخدامات الطاقة} \times \text{استخدامات المواهب الذهنية}}{\text{تعداد السكان}}$$

ولقد بلغت كمية الانتاج العالمى من الثروات المعدنية فى ثمانينات هذا القرن . مايلى بالألف طن :

	عام ١٩٠٠	عام ١٩٨٠
خامات وقود	٦٩٣٠	٧٨٧١١
خامات فلزية	٤٠٦٥	٧٣٢٢٠
خامات لا فلزية	٢٣٠٠	٤٤٣٠٠
معدلات النمو	١٠٠	١٢٤٨

كان ذلك استعراضا سريعا بهدف ابراز دور المعادن وأهميته فى معيشة الأفراد وسيادة الأمم .

لذلك فعلى الجيولوجى كما قلنا استنباط الجديد واستغلال كل تكنولوجيا ممكنة من أجل الكشف عن مخبوء تلك الثروات . وفى استكشاف وتحرى الثروات المعدنية ، نجد طرقا عديدة تختلف باختلاف مدى ما تلقيه من ضوء على خطى البحث .

أولا : تكنولوجيا الاستشعار من البعد :

كلمة تكنولوجيا تعنى ببساطة وضع الاكتشافات العلمية موضع الاستفادة العملية . والاستشعار من البعد ، معناه اكتشاف عيون ترى ما لاتراه عيوننا ، قربت المسافة أم بعدت . تلك العيون المكتشفة هى أجهزة تصوير تستخدم الأشعة تحت الحمراء تُحمل ليلا ونهارا بأقمار أو طائرات فتلتقط من الصور ما يمكن إبلاغها لسطح الأرض وتقول لنا نهاية .. هنا قد يكون كذا وكيت .

ثانيا : الطرق الجيوفيزيقية :

لمزيد من تركيز الضوء ، يلجأ الباحثون إلى استغلال الخواص الفيزيائية للمعادن . فلو أن خاما له بعض الخواص المميزة مثل الكثافة العالية أو المغناطيسية أو غيرها . . سيكون من السهل اكتشافه لأنه يخالف فى تركيزه متوسط تركيب القشرة الأرضية . من هنا ، تقاس المغناطيسية بأجهزة المغناطومتر وتقاس الجاذبية بمقاس الجرافيمتر وتقاس سرعة انتشار الموجات الصوتية عبر الصخو بجهاز السيسمومتر وتقاس درجة التوصيل الكهربى للصخور بجهاز الفولتمتر وتقاس الخاصية الاشعاعية بجهاز سنتيلليمتر أو عداد جايجر . وإذا ما أعطت تلك القياسات شذوذا فى القيمة عن المتوسط الذى توجد به فى صخور القشرة الأرضية العادية (Anomaly) كان ذلك دليلا على تواجد خام . . ومثل تلك الأجهزة قد تُحمل باليد أو بالسيارة أو بالطائرة .

ثالثا : الطرق الجيوكيميائية :

عندما تتجوى كتلة لخام معين ، فإن آثاراً من العناصر الموجودة بها تهرب إلى التربة . ثم إن تلك العناصر الهاربة قد تلتقط بنبات ، أو تغسل بالسيول إلى المخرات المائية . وفى امكان الطرق الكيميائية الحديثة ، اليوم أن تعطى الجيولوجى أجزاء من مليون جزء من مثل تلك العناصر الهاربة . ومن هنا فجمع عينات من التربات أو من رواسب المجارى المائية وتحليلها قمين بأن يعكس فى ذهن الجيولوجى صورة عن تجمع أو تركيزات تلك العناصر أو قل المصدر الذى أتت منه أو استخلصت منه تلك العناصر . . إن الجيولوجى هنا ، يقص أثر ذاك العنصر ، ارتداداً إلى موطنه . ويتم ذلك بعمل قطاعات (Traverses) وجمع عينات وتحليلها ثم توقيع النتائج على رسوم بيانية فتظهر المناطق الشاذة عن التركيب العام لصخور القشرة .

رابعا : المسح الجيولوجى السطحى أو العمل الحقلى للجيولوجى :

بغرض دراسة وتفسير الظواهر الموجودة ثم تعيين مكاشف الخامات وتوقيعها على خرائط وجمع عينات للتحليل المعملى المعدنى والكيميائى أو التعرف على الحفريات وما إلى ذلك . ويُتبع ذلك بعمل مسح جيولوجى تحت سطحى بحفر الثقوب ودراسة فتح المناجم لتعيين التتابع الصخرى وتقييم الخام واستخراج عينات من أعماقه .

الباب الثالث

الصخور (Rocks)

عند الحديث عن الصخور . . ترد إلى الذهن أمور ، منها :

- العنصر : واحد من نحو مائة عنصر ، أساسها الأيدروجين ذى الوزن الذرى واحد ، وهى ما لايمكن تحليلها إلى أبسط منها .
- المعدن : قد يكون عنصرى (من عنصر واحد) وقد يكون مركباً كيميائياً . . إلى بقية التعريف . .
- والصخر ، أخيراً : وهو أيضاً من بين تعريفاته ، كما سنرى حالا ، أن يكون من معدن واحد أو من العديد من المعادن .

ما هو الصخر ؟

كذلك أيضا عند الحديث عند الصخور ، ترد إلى الذهن متشابهات ، منها :

أن الصخر بالنسبة للمعادن ، كالغابة بالنسبة للأشجار . بعض الغابات ، تتعدد فيها نوعيات الأشجار ، والبعض قد يتكون من نوع واحد من الأشجار . وهكذا

الصخور . وكما أن أشجار الغابات تكون متعددة ومتباينة الأشكال والحجوم ـ بعيدا عن النوعية ـ فإنه كذلك تتشكل حبيبات المعادن فى الصخور بأشكال وحجوم مختلفات . . كذلك ، وكما تكون الغابات أحياناً ـ ككل ـ متشابهات لتصنف سوياً ، ولكى تبقى لكل منها هويتها الخاصة ، فكذلك الصخور تماماً .

ويقول المعجم الجيولوجى الصادر عن مجمع اللغة العربية بالقاهرة (١٩٨٢) ص ٣٢٦ أن الصخر فى اللغة هو الحجر العظيم الصلب . ويقابل ذلك فى اللغة الانجليزية (Rock) ولها ذات المعنى . وتطلق الكلمة فى علم الجيولوجيا على جميع الصور المختلفة للمادة أو المواد الأرضية من حجارة أو المتصلد من رمال أو تربة أو غبار . والتعريف العلمى الدقيق لكلمة صخر ، هو : مادة أرضية طبيعية تتكون فى الغالب من تجمع معدنى متحجر ، يتألف من معدنين أو أكثر ، ويندر أن تتكون من معدن واحد مشوب بمعادن أخرى . ثم إنه كما رأينا ، فللصخور الغالبة معادن بانية (Rock Forming Minerals) وهى المعادن التى تتركب أو تتكون منها الصخور العادية ، وقد تختلف بالطبيعة عن معادن العروق والرواسب المعدنية ومعادن الخامات التى تعمل العمليات الجيولوجية الطبيعية والكيميائية للتجوية على تركيزها أساسا من الصخور ذاتها . .

المعادن البانيه للصخور : (Rock Forming minerals)

وعلى ذكر المعادن المكونة للصخور ، فعلينا أن نتذكر أن غالبية الصخور تتكون من معادن سيليكية مع قلة من الأكاسيد . ومجموعة واحدة من الصخور الرسوبية تتكون من الكربونات . وفيما يلى مسحٌ شاملٌ وإجمالى لمجاميع المعادن المكونة للصخور .

١ ـ مجموعة معادن الأوليفين (Olivine group):

تتكون أساسا من سيليكات الماغنسيوم والحديد والتى يوجد بها رباعى(السيليكون ـ اكسجين)كوحدة منفصلة . وهذا التركيب متجانس فى كل الاتجاهات ، ومن ثم ، فلا يوجد فى معادن هذه المجموعة مستويات ضعف أو تشققات . هذا التركيب المتماسك يجعل المعدن صلداً (٦,٥ على مقياس موهز) وكثافة متوسطة (٣,٥) ويمكن قطع الأوليفين إلى معدن زينة . وهو مكوّن من مكونات الصخور النارية القاعدية وفوق القاعدية . يندر أن يوجد هذا المعدن رائقاً إنما يكتسى عادة بظلال ما بين الأخضر والأسود والبنى حين يكون غنيا بالحديد . وقد يتواجد فى بعض أنواع الرخام . والمعدن

غير ثابت فى وجود الماء ، ومن ثم ، فلا يمكن أن يوجد فى الصخور الرسوبية والرسوبيات . وتتغير الصخور الحاوية لكثرة من معدن الأوليفين إلى سربنتين بالتفاعل مع المياه فى الأعماق .

٢ ــ مجموعة معادن البيروكسين (Pyroxen group.) :

لمعادن هذه المجموعة تركيب يحتوى على رباعى(سيليكون ـ اكسجين)متحد فى سلاسل ، ترتبط مع بعضها على التوازى . وينتج عن طريقة الربط تلك تشققان منشوريان يكونان غالبا متعامدان على بعضهما البعض . وهذه ميزة هامة تتميز بها تلك المجموعة . وللبيروكسينات صلادة من ٥ إلى ٦ ووزن نوعى من ٣ إلى ٣,٦ . وتتكون تلك المجموعة عادة بلون بنى أو أخضر أو أسود ، ولا يشيع فيها تواجد البلورات المكتملة . وتكون هذه المجموعة فى الصخور القاعدية وفوق القاعدية وقد توجد أحياناً فى الصخور المتوسطة ، والعديد من أنواعها يتكون فى الصخور المتحولة ، حتى ليبلغ أن يكون غالبية الصخر أحياناً . ويندر تواجدها فى الصخور الرسوبية وقد تتغير إلى سربنتين وكلورايت .

٣ ــ مجموعة الأمفيبولات (Amphibole group) :

لمعادن هذه المجموعة تركيب مزدوج التسلسل من رباعيات(سيليكون ـ اكسجين)، وطريقة ترابط تلك السلاسل تعطى تشققان منشوريان يحصران بينهما زاوية ١٢٠° تقريبا . وعدد من أنواع تلك المجموعة ، تتواجد فى هيئة ليفية وتسمى عندئذ أسبستوس مع أن هذه التسمية قد ترد أيضا لأنواع أخرى . وأكثر معادن تلك المجموعة شيوعا هو الهورنبلند الذى يكثر فى العديد من الصخور النارية والمتحولة . والنوعية الإبرية الشكل الخضراء اللون (أكتينولايت) تتواجد فى الصخور الجيرية المتحولة . وتتحول معادن المجموعة عادة إلى كلورايت .

٤ ــ مجموعة المايكا (Mica group) :

لمعادن هذه المجموعة تركيب صفائحى من رباعيات سيليكون ـ اكسجين)ويكون الربط بين الصفائح ضعيفاً ، معطياً تشققاً واضحاً إلى وريقات رقيقة لدنة . وهناك المايكا البيضاء (موسكوفايت) والسوداء (بايوتايت) وتسمى الكتل الكبيرة من المايكا باسم الكتب (Books) وتوجد فى البجماتايت وتعطى كميات تجارية حيث أنها مقاومة

للحرارة عازلة للكهرباء . تتكون المايكا فى الصخور النارية الحامضية والمتوسطة وفى كثرة من الصخور المتحولة وكذلك فى بعض الصخور الرسوبية كالحجر الرملى المايكائى .

٥ ــ مجموعة الفلسبارات (Feldspar group) :

وهى تشمل أكثر المعادن شيوعا وأهمها فى تكوين الصخور . ويعطى تشكيلها ثلاثى الأبعاد بلورات كتلية لها تشققان متعامدان تقريباً . وهى معادن فى غالبيتها بيضاء اللون أو بلون الكريمة أو قرمزية أو خضراء أو رمادية ونادراً ما تكون حمراء أو رمادية داكنة أو بنية . وهناك شقان لهذه المجموعة : الفلسبارات القلّية التى تحتوى على بوتاسيوم وصوديوم ، ثم مجموعة البلاجيوكلاز التى تتراوح فى تركيبها من نوعية صودية خالصة (ألبايت) إلى نوعية كلسية خالصة (أنورثايت) وعبر نوعيات تشتمل على كل من الصوديوم والكالسيوم بنسب مختلفة . ويتميز البلاجيوكلاز بخاصية التركيب الورقى الدقيق الذى يرى عادة على سطح واحد من سطوح التشققات نتيجة لتكرار التوأمة . وتتواجد الفلسبارات القلّية فى الصخور الحامضية وبعض الصخور المتوسطة النارية ، بينما البلاجيوكلاز يشيع كثيرا فى الصخور القاعدية والمتوسطة . وقد تحتوى الصخور المتحولة على الفلسبارات القلّية أو البلاجيوكلاز الغنى بالصوديوم . وتتكسر مجموعة معادن الفلسبارات فى المناطق الرطبة إلى كاؤلين أو الطين الصينى ، ومن ثم ، فهى تتواجد فى الرواسب التى تتكون فى المناطق الجافة فى الصحارى مثلا أو فى ترسيب سريع جدا يعقبه دفن وتغطية الرواسب سريعا مثلما يحدث فى الألواح الفيضانية (Sheetfloods) .

٦ ــ مجموعةأشباه الفسبارات (Feldspathoid group) :

هى مجموعة صغرى توجد فقط فى نوعيات بعينها من الصخور النارية . أهم معادن هذه المجموعة هما معدنا : نيفيلين المحتوى على الصوديوم ، وليوسايت المحتوى على البوتاسيوم ، ولهما تشقق فقير ولون أبيض أو رمادى باهت . وعادة يكوّن ليوسايت بلورات جيدة ، بينما يكوّن نيفيلين كتلا شحمية المظهر . وتتكون أشباه الفلسبارات فى بعض الصخور القاعدية والمتوسطة غير الشائعة التى يكون فى تركيبها كميات زائدة من الصوديوم أو البوتاسيوم ، ومعهما نقص فى كمية السيليكا .

٧ ـ مجموعة المرو (Quartz group) :

إن المرو وأنواعه يعد من أكثر المعادن شيوعاً فى الطبيعة . ويتكون المرو من السيليكون والاكسجين مرتبطين معا فى اطار مستمر من الذرات . ولا يوجد فى هذه المجموعة أية تشققات ، ولكن المعدن يتكسر بشكل صدفى أو محارى . وصلادته عالية (٧) . وهناك العديد من النوعيات الملونة ابتداء من الشفاف الرائق (البلور الصخرى) ومرورا بالقرمزى والبنفسجى واللبنى والمعتم أخيرا . وتعدد الألوان هذا مرجعه وجود آثار من الشوائب فى التركيب الذرى . والبلورات السداسية من المرو شائعة وقد تبلغ المتر طولا أو تزيد . وهناك كالسيدونى دقيق الحبيبات وهناك نوعية حمراء اللون تسمى جاسبار (Jaspar) أو كارنليان (Carnelian) وإذا ما اتخذ المعدن شكل طبقات فهو عقيق . ومنه أيضا الزلط والظران فى الطباشير والأحجار الجيرية . ويوجد المرو فى الصخور النارية الحامضية وفى العروق مصاحباً للمعادن الأخرى . وتنتشر عروق المرو الصغيرة ربما بسبب النشاط النارى أو قد يكون نتيجة ذوبان مواد سطحية أو الصخور المحيطة . ويعتبر المرو مقاوماً للتآكل ومن هنا يكثر فى الرسوبيات . وهو كثير كذلك فى العديد من الصخور المتحولة . وغالبية الأوبال (مرو دقيق) قد ترسّب من محاليل إما فى الرواسب أو فى فجوات اللاّبة أو حول العيون الساخنة أو حالاً محل الأنسجة الطرية فى نبات أو حيوان .

٨ ـ مجموعة الكربونات (Carbonate group) :

الكربونات هى الوحيدة البانية للصخور والتى ليست سيليكات . أهم هذه المجموعة هو الكالسايت (كربونات الكالسيوم) ، والدولومايت (كربونات الكالسيوم والماغنسيوم) وكلاهما يُظهر تشققا رائعاً إلى معينيات منتظمة .ويتكون الكالسايت فى بلورات متميزة معينية الشكل أو على هيئة أسنان الكلب (Dogteeth crystals) ، بينما بلورات الدولومايت على هيئة معينيات بسيطة تكون أوجهها عادة مقوسة وإن يكن ذلك نادراً . وتبنى العديد من الحيوانات هياكلها من الكالسايت . مثل تلك الهياكل قد تكون مصدر الكثير من كالسايت الأحجار الجيرية . وتوجد بلورات الكالسايت عادة فى العروق وفجوات الأحجار الجيرية حيث تترسب فيها من المحاليل . وتتكون الهوابط والصواعد من الكالسايت . كذلك قد يتكون الكالسايت فى عروق المعادن بالصخور النارية ومالئاً للفجوات فى صخور البازلت وينتج الرخام عن تحول الحجر الجيرى وعادة

يتكون من الكالسايت النقى . ويعتبر الدولومايت أقل شيوعا من الكالسايت ، والدولومايت يتكون غالبا بالاحلال محل الكالسايت فى الصخور الجيرية الدولوية ، حيث من المحتمل أنه ينتج عن تفاعل مع محاليل تحتوى ماغنسيوم . وبعض معادن الدولومايت تتكون بالترسيب فى المراحل المبكرة لتبخير مياه البحر . ويعتبر الدولومايت غير شائع فى العروق . وكل الكربونات تتفاعل مع الأحماض مع حدوث فوران وتصاعد غاز ثانى أكسيد الكربون .

٩ ـ معادن سيليكية أخرى :

هناك معدنان من بين المعادن البانية للصخور لهما أهمية خاصة ، هما التورمالين والتوباز ، ويُبنى التورمالين من حلقات من رباعيات سيليكون ـ اكسجين ، جنبا إلى جنب مع وحدات مثلثية الشكل تحتوى على بورون وثلاث ذرات أكسجين ، وهذا يعطى بلورات ثلاثية لها مقطع عرضى مثلثى الشكل . وهو معدن صلد (٧,٥) ولا توجد به تشققات ، ويتردد اللون على مدى واسع ما بين عديم اللون إلى الأسود عبر ظلال كل الألوان المختلفة . وقد تظهر بعض بلورات التورمالين لونين محددين أو أكثر فى نفس الوقت تبعا للتغيرات فى العناصر المتواجدة وقت نمو البلورة . فمثلا قد يبدو مركز البلورة بلون أحمر وخارجه نطاق أخضر وعند الطرف لون أصفر ويتواجد التورمالين أساساً فى صخور الجرانيت وبخاصة البجماتيتى منه ، حيث تتكون بلورات عملاقة منه . وقد وجد أن التورمالين فى صخور الجرانيت قد يحل محل المعادن المبكرة فى التكوين مثل البيوتايت وربما يكون ذلك نتيجة للتفاعل مع المحاليل الحاملة للبورون والمتروكة بعد عمليات تبلور الكتل الرئيسية المكونة للجرانيت . وقد تكون تلك المحاليل المتبقية هى سبب تكون المعدن فى صخور البجماتيت وعروق المرو والتورمالين . كذلك قد يتواجد المعدن فى حبيبات دقيقة مقاومة فى الأحجار الرملية . أما التوباز فهو سيليكات الألومنيوم المحتوية على ايدروكسيل وفلورين . له صلادة عالية (٨) وتشقق قاعدى جيد . قد يكون عديم اللون أو أصفر أو برتقالى أو قرمزى .

١٠ ـ معادن الصخور المتحولة :

بعض المعادن يختص تواجدها بالصخور المتحولة مثل جارنت ، سيليكات الألمنيوم وبعض سيليكات الكالسيوم .

١١ ــ معادن العروق :

غالبية هذه النوعية غير سيليكية ، رغم إنها فى الغالب الأعم ترتبط فى تواجدها مع السيليكات . والبعض مثل معدن ماجنتايت يتكون بانياً للصخور . وهناك المعادن الفلزية العنصرية مثل النحاس والفضة والذهب والبلاتين . . الخ . وهناك المعادن اللافلزية العنصرية مثل الكبريت والكربون . . الخ .

١١ ــ أ ــ مجموعة معادن الأكاسيد :

يعتبر الحديد واحداً من ـ بل وأهم ـ العناصر الأساسية التى تتواجد على شكل أكاسيد بالإضافة إلى الألمونيوم والقصدير والمنجنيز . فالحديد فى منطقة جبل الحديد وغيره من جنوب الصحراء الشرقية وفى الواحات البحرية وأسوان . . والألمنيوم فى منطقة جبل أبى خروق وغيرها بالصحراء الشرقية وكذا القصدير وأما المنجنيز فأشهر تواجداته فى منطقة أم بجمة بالقرب من أبى زنيمة بجنوب سيناء وكذا فى منطقة عِلبة بأقصى جنوب الصحراء الشرقية . وبالنسبة للحديد فهناك ثلاثة أكاسيد شائعة تشكل خامات هامة للحديد ، هى ، الماجنتايت والهيماتايت والليمونايت (مائى) ونلخص خواصها فيما يلى :

	ماجنتايت	هيماتايت	ليمونايت
الهيئة البلورية	مكعبى	ثلاثى	ليست له هيئة معينة
اللون واللمعان	أسود فلزى	أسود فلزى	أسود ، بنى ، أصفر ، أحمر أو أرضى
الحكاكة	أسود	أحمر أو بنى محمر	أصفر
الصلادة	٦	٦	٥
الكثافة	٥,٢	٥,ــ	٣,٨

١١ ــ ب ــ مجموعة الكبريتات :

وتعتبر هذه المجموعة مصدراً للعديد من العناصر التى لا يستغنى عنها الانسان . وأهم معادن تلك المجموعة البايرايت (كبريتيد الحديد ، مكعبى دون تشقق)

والكالكوبايرايت (كبرتيتيد النحاس - رباعى دون تشقق) والجالينا (كبريتيد الرصاص - مكعبى وله تشقق ثلاثى إلى مكعبات) ثم البلند أو سفاليرايت (كبريتيد الزنك - مكعبى وله تشقق رباعى لا يرى بسهولة) . وجميع تلك المعادن تتكون فى عروق مرتبطة مع الصخور النارية وعادة مع معادن مثل البارايت والفلورسبار والكالسايت والمرو . وقد تتواجد الكبريتيدات كذلك بالإحلال وبخاصة فى الأحجار الجيرية . وتعتبر معادن كالكوبايرايت وجالينا وبلند ، معادن خامات ولكن البايرايت يستغل لما فيه من كبريت ولصناعة حامض الكبريتيك . وقد يتواجد البايرايت فى الصخور الرسوبية (الطفلة السوداء وكملاط فى بعض الأحجار الرملية وفى تجمعات عظام واسنان الحيوانات) ومثل هذا التواجد يعكس ظروف الترسيب بشكل عام ، والتى ينقصها الاكسجين . كذلك قد يتواجد البايرايت فى الصخور الطباشيرية على شكل درنات غير واضحة المصدر .

١١ - جـ - مجموعة الهاليدات :

يعتبر معدن الفلورايت (فلوريد الكالسيوم) والملح الصخرى (كلوريد الصوديوم) أوفر المعادن التى تحتوى عناصر من عائلة الهالوجينات (Holgen family) التى هى الفلور والكلور والبروم واليود . ويعتبر فلورايت (فلورسبار) معدناً عرقياً شائعاً ، أو معدنا احلالياً فى الحجر الجيرى كذلك . وهو يتكون فى بلورات لها مظهرية الزجاج وفى هيئة مكعبات لها تشققات ثمانية . وأما هالايت فهو واحد من المعادن القلائل التى لها قابلية الذوبان فى الماء ومذاق خاص . إنه يتكون فى طبقات وبتبخير الكتل الكبيرة من مياه البحر والمحيط . وهو يوجد بصحبة معادن أخرى يُعتقد أن لها نفس طريقة التكوين ، مثل كبريتات الكالسيوم والجبس والانهيدرايت والدولومايت . ويتكون الملح الصخرى فى هيئة مكعبية وكذا له تشقق مكعبى .

١١ - د - مجموعة الكبريتات والكربونات والفوسفاتات :

أكثر الكبريتات شيوعاً معدنا البارايت والجبس وهى معادن عرقية عامة . وأما الكربونات ، فإضافة لما ذكر من قبل عن دور الكربونات فى بناء الصخور ، فإن كثرة منها أخرى تتواجد فى العروق ومنها معدن سيديرايت (كربونات الحديد) الذى قد يتجاور فى العروق مع معدن جالينا وبلند ، كما يتواجد فى الطباق الرسوبية المسماة بالأحجار الحديدية (Ironstones) . ومن كربونات النحاس نذكر اثنين هما مالاكايت

(أخضر) وآزورايت (أزرق) وهما يتواجدان سويا فى رواسب النحاس التى تعرضت لفعل المياه والجو (نطاق الأكسدة) . ويعتبر فى الغالب الأعم التعرف على هذين المعدنين دليلا على تواجد معادن النحاس . وأما المعدن الشائع والوحيد فى الفوسفاتات فهو أبلتايت ، وهو فوسفات كالسيوم يحتوى على فلورين و / أو كلورين . وهو معدن يتواجد فى غالبية الصخور النارية وفى بعض الأحجار الجيرية المتحولة . كما أنه يتكون من مكونات العظام والأسنان التى تتحول إلى رواسب ، ويعتبر معدن أباتايت مصدراً هاماً للفوسفات اللازمة لعمليات صناعة المسمدات .

* * *

ـ وعوداً على بدء . فى أول هذا الباب .. باب الصخور ..

ـ كان الحديث عن العنصر إذ تتكون منه المعادن ، والمعادن إذ تتكون منها الصخور ..

ـ وكانت عتبات الحديث ، هى تعريف الصخور ، التى تكونت بداية من معادن تسمى المعادن البانية للصخور .. وقد استعرضناها فى عجالة تتفق وهذا الكتاب والغرض منه ..

ـ وأضحى علينا أن نمضى فى باب الصخور أولا ، ثم نتابع التأمل فى مناحى ذاك التعريف المختلفة من تسمية وتصنيف وتكوين ونشأة وتواجد وتداخل ووصف .. كل ذلك لما يسمى بالصخور الحقيقية . وسوف يقفز إلى الذهن حالا أن قد تكون هناك صخور كاذبة (Pseudorocks) .. فما هى ؟ ! . ولنمض سوياً ..

تعريف الصخر :

يعرف الصخر بأنه مادة صلبة طبيعية ، تتكون من حبيبات معدنية أو من أشباه المعادن (Metalloids) أو من المواد الأمينية (Macerals) و/أو مادة زجاجية طبيعية . إذن هناك فى حقيقة الأمر ، مناح ثلاثة لهذا التعريف هى ، ١ ـ طبيعياً ٢ ـ صلداً ٣ ـ

احتواء معدن أو أكثر . وربما احتاج كل منحى من مناحى هذا التعريف إلى مزيد من الضوء نلقيه عليه .

فالصخر يكون طبيعيا ، بمعنى أنه يتكون فى الطبيعة وبالطبيعة ، فلا يكون مواد مصنوعة كالخرسانة أو الجلخ وما إليها . والصخر يكون صلباً ـ مع بعض التحفظ ـ طالما سنعتبر الأبسيديان (Obsidian) وغيره من المواد الزجاجية الطبيعية كصخور . بجانب ذلك فإن الصلادة (Solidity) فى الصخور أمر قد يحتاج إلى نظر طالما اعتبرنا المواد المتراوحة بين السائبة والمتماسكة كالرمال مثلاً ، صخوراً . .كالأحجار الرملية . .ولذلك فهناك قاعدة عامة تقول : إذا ما احتجت إلى شاكوش لتكسر ، فهذا الذى ستكسره يكون صخراً .

والسبب فى احتواء التعريف ـ من بين ما حوى ـ على مواد متعددة ومتشعبة كالمعادن والزجاج الطبيعى والمواد الأمينية (macerals) . . هو أن أياً من تلك المواد الطبيعية قد يكون صخراً بذاته . . وأما سبب استخدام (و/أو) فى التعريف ، فهو أن أى اتحاد أساسى لتلك المكونات قد يوجد فى أى من الصخور . فمثلا أنواع الفحومات المختلفة قد تحتوى بشكل عام على (macerals) وعلى حبيبات معدنية كذلك . وأن الكثرة من الصخور البركانية تحتوى على كل من الحبيبات المعدنية والزجاج الطبيعى . وأما سبب استخدام لفظى حبيبات معدنية فى تعريف الصخر بديلا عن ذكر كلمة معادن مجردة ، فهو أن بعض الصخور قد تتكون أساساً من حبيبات لمعدن واحد ، فضلا عن اتحاد بين معدنين أو أكثر . حتى تلك الصخور التى نسمى صخوراً أحادية المعدن (Monomineralic rock) فلها مظاهر تميزها عن غيرها . . ويمكن أن نصوغ ذلك كله فى قول آخر على النحو التالى . غالبية الصخور تظهر كما لو كانت غير متجانسة بسبب تركيبها و / أو نسيجها الذى هو طريقة ترتيب مكوناتها ، والعلاقة المتبادلة بينها وبين بعضها . أما غالبية عينات المعادن فتبدى متجانسة المظهر . ولكن يبقى ما يشذ عن ذلك الإجمال ، مثل الزجاج الطبيعى والأنثراسايت (Anthracite) وهو الفحم الصلب ، ثم الصخور دقيقة الحبيبات . وقبل أن نستطرد ، نقول أن النسيج هو فى حقيقته المظاهر الهندسية للوحدات التى يتكون منها الصخر ، وتحوى بالطبيعة الحجم والشكل . بل أننا

إذا أردنا قدرا من التفصيل ، قلنا أن الوصف الدقيق للنسيج ، أو هى دارسته ، تستلزم معرفة أمور أربعة هى :

١ ـ درجة التبلور(Crystallinity) بمعنى نسبة المادة المتبلورة إلى غير المتبلورة ويذكر هنا أن التبريد البطىء للصُهارة مع اللزوجة المنخفضة ، يساعدان على تكوين البلورات والعكس صحيح .

٢ ـ درجة التحبب(Granularity) وهى حجوم الحبيبات المتفاوتة ما بين الأجنة إلى البلورات الكاملة التى تقاس بالأمتار . وطبيعى أن تتوقف حجوم الحبيبات أو البلورات على معدل سرعة التبريد ولزوجة الصُهارة . كذلك بجانب عامل آخر هام وهو التركيز الأيونى أو هى درجة تركيز العناصر فى الصهارة للمادة الجارى تبلورها .

٣ ـ أشكال البلورات (Shape) وهل هى كاملة الأوجه أو ناقصتها أو متساوية الأبعاد أو مختلفتها ، منتظمة الأبعاد فى نمائها أم غير منتظمة .

٤ ـ وأخيرا ، العلاقات المتبادلة بين البلورات وبعضها أو بينها وبين ما قد يوجد من مكونات أخرى كالزجاج الطبيعى . (Mutual Relationship)

تسمية وتصنيف الصخور :

كما ذكرنا فى كيفية تسمية المعادن ، فإن أصولا كثيرة وجذوراً عديدة من مسميات الصخور ضاربة فى غيوب الماضى البعيد . وكالمعادن أيضا ، فإن الصخور قد تسمَّت بمسميات عديدة نسبت إلى البشر وإلى أمور أخرى . ولسوف نورد هنا بعض الأمثلة على ذلك فالحجر الجيرى (Limestone) إنما يشير فى مسماه إلى استخدام تلك المادة فى صناعة مادة الجير (Lime CaO) . واسم صخر الفونولايت (Phonolite) قد اشتق أو نحت من الكلمة اللاتينية التى تعنى الصوت (Phon)ذلك لأن الصخر يصدر رنيناً عندما يُطرق بالمطرقة ، واسم صخر فيالايت (phylite) قد جاء كذلك من الكلمة اللاتينية (Phyllum) بمعنى ورقة . إشارة إلى الطريقة التى يتجزأ بها ذاك الصخر فى شكل وريقات . وأما صخر سيانايت (Syenite) فمصدره كلمة (Syene) بمعنى أسوان بمصر حيث عُرف لأول مرة . كذلك فإن صخر شارنوكايت (Charnockite) قد نُسب إلى (جوب شارنوك Jop Charnock) الذى بُنى معبده من ذاك الحجر . وعموما ، فليس هناك تنظيم شامل لمسميات الصخور . ولعله من سوء الطالع أن ليس هناك من المراجع ما يرجع إليه المرء

لمعرفة ما تشير إليه بعض التسميات غير الشائعة ، وما فحواها ، مثل معدن وصخر ياماسكايت (Yamaskite) ومعدن جيزندهايت(gesundheit) . . بل إنه يتعذر معرفة ما إذا كان ذياك المسمى لصخر أو لمعدن . . أو لسواهما على الاطلاق . نقول أنه ليس هناك فى هذا الأمر إلا العودة إلى معجم الجيولوجيا الصادر عن المعهد الجيولوجى الأمريكى وأمثاله . . ولدينا أيضا معجم الجيولوجيا الصادر عن المجمع اللغوى (١٩٨٢) وإن يكن يحتاج إلى استكمال كبير . وفى غالب من الأحيان ، فإن التصنيف العام لصخر ما ، يُعتبر فى أقل القليل خطوة لا شعورية باتجاه تعريف ، ومن ثم ، تسمية ذاك الصخر . وتلك حقيقة لأن التصنيف الشامل والأعم للصخور ، إنما ينبنى على دراسة أصل الصخر ونشأته ، وتلك أمور تعكسها دراسة تركيبه ، ونسيجه أو كليهما معاً . . وهى فى مشملها أمور ليست يسيرة . . وبناء على ذلك ، فالنظام التصنيفى الذى سنورده فى هذا الكتاب ، قائم على معرفة تكوين ونشأة كل صخر على حدة . .

نشأة أو تكوين الصخور (Rock Origin) :

إن أعم التصنيفات الصخرية يقوم أساساً على معرفة الكيفية التى نشأ بها الصخر أو عن طريقها تكون (Rock genesis) . وعلى ذلك ، فإنك لا شك مُدرك كل الإدراك كيف تتكون الصخور عندما تأخذ فى الاعتبار أفضل التصنيفات المعمول بها . غالبية من يعملون فى حقل الجيولوجيا ، يأخذون بنظام التصنيف الثلاثى (Tripartite) الذى يقول بالصخور النارية (Igneous) والصخور الرسوبية (Sedimentary) والمتحولة (Metamorphic) وهو تصنيف غاية فى البساطة ، بيد أن هناك العديد من الصخور لا تجد لها موضعاً فى ذاك التقسيم ، أفضل من أن تكون شاغلة للمناطق الحدِّية منه ، بديلاً عن أن تكون فى صميم قسم من الأقسام الثلاثة . وعلى ذلك ، فيمكن القول بأن التقسيم الثلاثى ذاك ، يعد مفيداً ، إذا ما أخذناه فى الاعتبار على علاّته . .

تتكون الصخور النارية عندما تبرد الصُهارة أو هى ذوب الصخور فى باطن الأرض (Magma) لدرجة تكفى لتصلدها . ذوب الصخور فى باطن الأرض إذا ما خرج إلى سطحها سُمى الحُمم أو اللاّبة (Lava) وهى حُمم من صهير الصخر تسيل من فوهة بركان . وهو مُسمى يطلق أيضاً على الصخر الصلب الناشىء عن تبرد تلك الحمم ومنها اللاّبة الحمضية التى يقوم أساس تركيبها على مركبات حمضية خفيفة القوام ، تكّون

صخوراً مثل رايولايت ، ومنها اللّابة القاعدية التى أساس تركيبها مركبات قاعدية ثقيلة القوام ، تكون صخوراً مثل البازلت . ويسمى سيل الحمم المتصلب أو المنصهر على جوانب البركان بفيض اللّابة (Lava Flow) وإذا ما فاض على سطح الأرض وغطّى مساحة كبيرة فى هيئة طبقة رقيقة كان فريش اللّابة (Lava Sheet) . وقد تكون عملية التبريد سريعة ، فينتج عنها تكون مادة الزجاج الطبيعى ، بينما إذا كانت بطيئة ، أتاحت الفرصة لتبلور الحبيبات المعدنية . وكقاعدة عامة ، فإنه كلما كان التبريد بطيئاً ، ومن ثم التصلد ، كانت الحبيبات المعدنية المتكونة (البلورات) خشنة وكبيرة الأحجام . إن غالبية المادة الزجاجية الطبيعية ذات أصل نارى . وتمتلك غالبية الصحور النارية المتبلورة حبيبات معدنية متداخلة كما فى الشكل . وعادة ينتج عن تنوع واختلاف تراكيب الصُهارة ، جنباً إلى جنب مع ما يحدث فيها من تغييرات أثناء تحركها وتبريدها ـ نقول أنه ينتج عن كل ذلك ، التنوع والتعدد الكبيرين فى الصخور النارية . وكما سنعرف فيما بعد ، فإن مسميات الصخور النارية تشير فى مبناها إلى تراكيب بذاتها ، وكذلك إلى حجوم الحبيبات . إن الصخور النارية تنتج عن ذوب الصخور فى الباطن عندما تختل الظروف الحاكمة فيما يسمى بغرفة الصهارة (Magma Chamber) نتيجة اختلاف فى الحرارة والضغط بسبب الحركات الأرضية ، فتندفع تلك الصُهارة من مكمنها إلى ما حولها . وبالقطع أيسر السبل باتجاه الضغط الأقل ، وهو باتجاه سطح الأرض وليس باتجاه الباطن . . تندفع فتشق طريقها لحرارة فيها وضغط ـ كالسكين فى الزبد ـ عبر طبقات القشرة الأرضية ، فتحقن فى طباقها متوافقة أو غير متوافقة فى الوضع التركيبى لطبقات تلك القشرة . وتأخذ أشكالاً عُرفت بها الصخور النارية الباطنية أو الجوفية . . . وقد تكون قوة الدفع باتجاه سطح الأرض شديدة . بحيث تبلغ بتلك الصُهارة سطح الأرض عبر قناة ، ثم فوهة بركان . . . فتكون عندئذ صخوراً بركانية بعد أن كونت فى السابق صخوراً جوفية (Volcanic & Plutonic) . ويعكس التخطيط المرفق تلك الأشكال . . عندما تبتعد الصُهارة عن غرفتها حيث الحرارة عالية ، تبدأ تبرد . والتبريد فى الجوف بطىء ، والتبريد على السطح أسرع . مع التبريد تتصلد مكونات فى هيئة بلورات ، تتخذ سبيلين أحدهما لبلورات المعادن غير الملونة ، فى تفاعل مستمر ، وتلك هى مجموعة الفلسبارات . . والسبيل الآخر لبلورات المعادن الملونة ، فى تفاعل غير مستمر ، وتلك هى مجموعة المعادن الحديدوماغنيسية (Forromagnesian minernls) . يتم ذلك من خلال ما صوره لنا (بون ـ Bown) فى فكرته التى استخلصها

بتجريبه المعملى . تلك العملية فى مجملها ، تسمى بعملية التمايز (Differentiation) أو تطور الصهارة من حالتها المنصهرة إلى حالة جامدة ، هى الصخور النارية . . تلك القطفات المختلفة من الصُهارة ، تتوقف كثيراً على صفات عديدة لمعادن كل قطفة . ولقد ظهر أنه فى الظروف العادية ، فإن أول قطفة تكون صخوراً نارية قاعدية ، تليها قطفة تكون صخوراً متوسطة التركيب ، ثالثتها قطفة تكون صخوراً نارية حامضية ثم قطفة تالية تكون الصخور البجماتايتية . .

تصنيف الصخور النارية (Classification of Igneous Rocks)

المحتوى من معدن المرو	أنواع معادن الفلسبارات	حبيبات خشنة	حبيبات متوسطة	حبيبات دقيقة	صفات عامة
أكثر من ١٠٪	أرثوكلاز و/أو	جرانيت	ميكروجرانيت	ريولايت	صخور حامضية
	بلاجيوكلاز صودى	سيانايت	ميكروسيانايت	تراكايت	
قليل أو منعدم	بلاجيوكلاز صودى	ديورايت	ميكروديورايت	أنديزايت	صخور متوسطة
	بلاجيوكلازكلسى	جابرو	دولبرايت	بازلت	صخور قاعدية
لا يوجد	الفلسبار قليل أو منعدم	بيريدوتايت			صخور فوق قاعدية

وتتكون الصخور الرسوبية بعامة عبر سبيلين اثنين ، هما :

ــ أن تكون عائدة فى أصلها إلى الفتات الصخرى المنقول والمترسب من بعد على سطح الأرض (Lithification) .

ــ أن تكون عائدة فى أصلها إلى الترسيب من المحاليل فوق سطح الأرض أو بالقرب منه (Pricipitation) .

ويعتبر الرصيص (Conglomerate) وهو الصخر الرسوبى المتكون من حطام صخور قديمة فى هيئة حصى مستدير مدملق متراص بإحكام فى محيط أو أرضية من مادة رسوبية لاحمة قد تكون مجهرية الجسيمات أو مرئيتها . . وكذلك البريشة (Breccia) وهى كسارة صخرية زاوية يلتحم بعضها ببعض بمواد لاحمة مختلفة . . أقول ، يعتبر هذان النوعان نماذج للصخور العائدة فى نشأتها إلى تفتت صخور سابقة الوجود بأى نوع كانت من أنواع الصخور الثلاثة النارية والرسوبية والمتحولة . بينما تعتبر أنواع أخرى كالملح الصخرى (Rock salt) والترافرتين (Travertine) وهى رواسب من كربونات الكالسيوم ($CaCO_3$) ناصلة اللون حصوية متماسكة الحبيبات تترسب من المياه السطحية أو الأرضية

على شكل ستيليكتيتات وغيرها من ترسيبات الكهوف أو من حول العيون والينابيع ، وتسمى الأنواع ذوات المسامية الشديدة منها باسم طوفات* دقيقة أو لبيدات جيرية . أما الأنواع من الترافرتين المتهاسكة المجزعة التى يمكن صقلها ، فتسمى بالجزع الرخامى . الملح الصخرى (Nacl) والترافرتين يعتبران نموذجين للصخور العائدة فى أصلها إلى الترسيب من محاليل الأرض ، على سطحها أو تحت سطحها . .

تصنيف الصخور الرسوبية
رواسب كسارية أو فتاتية

الرتبة	الاحجام (مم)	نوع الكسرة أو الشقفة الصخرية	مسميات الصخر
جلمودى ، حبيبات أكبر حجما من حبيبات الرمال Rudaceous		جلاميد (Boulders)	رصيص ، بريشة
	٢٥٦	حصوات كبيرة (Cobbles)	Conglomerate
	٦٤	حصوات رقيقة (Pebbles)	and Breccia
	٢		
رملى ، حبيبات مستمدة من الرمال أو تحتويها وتتلاصق ذاتيـا أو مـلاطيـا (Arenaceous)		رمال Sands	أحجار رملية (Sandstones)
١ / ١٦			
طينى ، حبيبات قوامها الطين (سيليكـات الألمنيـوم تلاصقت بأى مادة مجمعة (Argillaceous)	١ / ٢٥٦	غرين Silt . / طين Clay	حجر غرينى (Siltstone) / حجر طينى Mudstone / Shale

* الطوفة Tufa صخر رسوبى كيميائى يتكون من كربونات الكالسيوم أو من السيليكا ويترسب من محاليل الينابيع أو البحيرات وكذا المياه الأرضية المتخللة الطف Tuff وهو صخر تقذف به البراكين فيتجمع حولها ويتكون من حبيبات بركانية متهاسكة يقل قطرها عادة عن ٤ مم .

التركيب	كيميائياً	عضـــوياً
كربوناتى	حجر جيرى بطروخى ، دولومايت	أحجار جيرية مرجانية ومحارانية ، طباشير
سيليكى	زلط ، ظران	دياتومية وراديولارية
حديدى	حجر حديدى بطروخى ، لاتيرايت	خام حديد المساخات (المستنقعات)
ألومينى	بوكسايت	————
فوسفاتى	فوسفورايت	جوانو (فضلات الطيور البحرية) وعظام
ملحية	الملح الصخرى والجبس والانهيدرايت	————
كربونى	————	بيت Peat ولجنيت Lignite وفحومات

وتتميز الصخور الرسوبية بشكل عام بعدة خواص منها على سبيل المثال التطبق (Layring, Bedding, Stratification) وكذا تواجد الحفريات بها ، إضافة إلى أن طبيعة المفتات والكسرات الصخرية المنقولة تُعد دلالة واضحة على الأصل والنشأة ، وتتكون غالبية الصخور الرسوبية ذوات الأصل الترسيبى من حبيبات معدنية متداخلة ، تشبه فى نسيجها ، نسيج الصخور النارية . ويدل التركيب المعدنى للصخور الترسيبية بشكل عام ، على ما إذا كانت قد ترسبت من محاليل على السطح أو قريباً من سطح الأرض . فهناك ترسيب بحرى ، وترسيب قارى . . ترسيب بحرى لما تحمل المجارى المائية المتكونة بعد تساقط الأمطار ، والتى تغسل كل حين سطح الأرض فتذيب أملاحاً قابلة للذوبان ، وتحمل أخرى قد تغير تركيبها أو هى غير قابلة للتغير فتُحمل عالقة أو غروية . . كل ذلك إلى البحر والمحيط منتهاه . . وفى البحر قد تتغير العوامل الكيميائية (Eh,pH) فتترسب الذائبات كيميائياً وتترسب العالقات جاذبيا ، وقد تستخلص الكائنات من ماء البحر أملاحاً تبنى بها عظاماً وأسناناً وأصدافاً ، تتجمع من بعد الموت لتكون صخوراً رسوبية مليئة بالحفريات . . وأما الرواسب القارية ، ففى غالبيتها ما تحمل الرياح وترسب بعد حين . .

ونأتى للصخور المتحولة ، وهى ما تكونت بتحويل الصخور سابقة الوجود بأنواعها الثلاثة كذلك ، نارية ورسوبية ومتحولة ، بعمليات تسمى عمليات التحول (Metamorphism) ، تؤدى بالضرورة إلى تغيرات فى حجم الحبيبات و / أو تنظيم تلك المكونات . . أى تغييرات فى معدنية وكيميائية ونسيج الصخور التى تعانى من التحويل . وتحدث عمليات التحول استجابة لتغيرات فى الضغط الإيدروستاتيكى (استحداث

ضغوط بالسوائل والمحاليل) والارتفاع فى درجة الحرارة و / أو التغير فى كيميائية المكونات . وهذه العوامل قد تؤثر فى حجم صغير من الصخور ، كتلك التى توجد فى نطاق فالق (كسر فى الأرض تتحرك على مستواه من الجانبين كتل الصخور) ، أو تلك المتواجدة عند منطقة التلاصق بين كتلة صُهارية ، وماجاورها من صخور اندفعت إليها تلك الكتلة الساخنة . كذلك فقد تصيب عوامل التحول تلك ، حجوماً غير محدودة من الصخور ، كتلك التى توجد فى حالة متبلورة فى منطقة الأبالاش (أمريكا) ومناطق كثيرة من سلسلة جبال البحر الأحمر كما فى حفافيت ومعيتق ووادى فيران ، سيناء (مصر) ومناطق عديدة من العالم ، وكذلك فى مناطق الفوالق الكبيرة (Fault Zones) . وعادة تسمى عملية التحول التى تتم داخل نطاق الفوالق باسم التحول الديناميكى (Dynamic or dislocation) ، بينما تلك الناتجة عن فعل الحرارة و / أو المحاليل الكيميائية والمتطايرات النشطة الصادرة عن الصهارة فى مراحل تطورها المتأخرة فى المرحلة الغازية والمائية الحرارية (Pneumatolytic and Hydrothermal) فيشار إليها بالتحول النارى أو التلاصقى (Contact or Igneous Metamorphism) . أما التحول الذى يصيب حجوماً هائلة فى مساحات شاسعات من الصخور فيسمى بالتحول الإقليمى (Regional Metamorphism) وقد يُسمى التحول الدينا ـ حرارى (Dynamothermal Met.) . ويفترض أن العلميات التحويلية ، تحدث للصخور فى الحالة الصلدة وقبل أن تصل بالضغوط والحرارة إلى الانصهار الكامل ، فتصبح صخوراً نارية .. وإنما الضغط والحرارة العاليان مع المحاليل والمتطايرات النشطة ، تصيب الصخور ببعض المرونة والبلاستيكية التى تساعد على التحول وتكوين معادن جديدة ، تميز الصخور المتحولة عن سواها ، نارية أو رسوبية . ولربما كانت خاصية التورق (Foliation) هى أكثر وأسهل صفات التحول ، وهى التى تُرى بالعين المجردة أو بالعدسة اليدوية ، حيث تأخذ المكونات المعدنية ترتيبات مختارة بسبب ليونتها وتأثير الضغط الموجه عليها . وعموماً ، فإن كثرة من الصخور المتحولة تُبدى تلك الخاصية وإن يكن بدرجات متفاوتة .. ونقصد هنا خاصية التورق (Foliation) .

هناك صخور أُخر ، لا تجد لها مكاناً فى متن تلك التقسيمات الثلاثة ـ نارية و رسوبية ومتحولة . وهذه تشتمل على أشياء مثل الأحجار السماوية Meteorites (مصدر غير أرضى) والزجاج الطبيعى (Fulgurites) الناتج عن اصطدام النيازك أو ضرب البرق

لرمال الأرض . . ثم . . هناك صخور نتجت عن عوامل التجوية ، هى أيضا يصعب وضعها فى صلب قسم من أقسام الصخور الثلاثة ، التى بغرض التسهيل قُسمت إليها الصخور . . ومنها :

● صخور المتكسرات (Pyroclastics) : وهى الصخور الفتاتية الحرارية التى تتصلب من مقذوفات البراكين المفتتة فى هيئة رماد أو كسر صغيرة (Lithification of tephra deposits) . من وجهة نظر المنشأ ، فهى صخور نارية ، بينما من وجهة نظر الترسيب ، بجانب خواصها الصخرية كذلك ـ صخور رسوبية .

● الصخور المابعدية (Diagentic rocks) : وهى رواسب قد تعرضت لتغييرات كيميائية و / أو طبيعية قد حدثت قبل ، وغالبا إبان التكوين ، تلك التغيرات تسمى التغيرات المابعدية (Diagenesis) . وهى أول التغيرات التى تعترى المادة الأصلية للرواسب بعد نشأتها ، بتأثير المياه الجوفية أو غيرها من المؤثرات الطبيعية كالمحاليل السطحية ، ذلك لأن تلك المياه عادة ما تكون قلوية أو حمضية إلى حدٍ ما ، ومُحملة بكميات مختلفة من المعادن الذائبة التى تحل محل المادة الأصلية للراسب ، ويتم هذا فى درجات الحرارة والضغط المعتادين . . مرة أخرى نعيد ، بأن العمليات المابعدية تتضمن كل التعديلات والتحولات الفيزيائية والكيميائية التى تجرى على الرواسب ، ثم صخورها ، فيما عدا تلك التى تؤدى إلى عمليات التحول والتجوية الهوائية (Metamorphism and Subarial Weathering) . . وتعتبر تلك العمليات المابعدية التى تشتمل على عمليات مثل الإذابة والترسيب والإحلال (Replacement) وليس أبداً التحول وإعادة التبلور . . نقول أنها تعتبر مسئولة عن تكوين صخور رسوبية مثل الأحجار الجيرية المعاد تبلورها والأحجار الدولوية (Dolostones) والظران (Chert) والفحومات الإحلالية . . مثل تلك الصخور التى قد تستلزم حرارة وضغوطاً ، لها مدى ممتد من العادية إلى ما قبل التحول ، غالبا ما تعتبر صخوراً رسوبية . ولكن إن شئنا الدقة فهى صخور حدِّية ، تحتل مناطق الحدود بين الصخور الرسوبية والمتحولة . . ولا يوجد فاصل محدد فى المدى الضغطى والحرارى بين النوعين . .

صخور المجماتايت (Migmatite) وهى تعمياً الصخور النايسية (Gneisses) التى تبدو وكأنها خليط من مواد جرانيتية جديدة متداخلة فى صخور أقدم منها . هى إذن صخورخليط قد تُرى بالمجهر ، أو بدونه ، تحتوى على بعض الصخور المتحولة ، داكنة

اللون (مثل صخر الأمفيبولايت أو النايس الميكائى (Amphibolite or Biotite gneiss) جنباً إلى جنب مع مكونات فاتحة اللون لها التركيب الأساسى للجرانيت) . وفى غالبية صخور المجماتايت ، يظهر الشق المتحول الداكن اللون ، وكأنه قد بقى ثابتاً (Immobile) ، بينما يبدو الشق الجرانيتى فى المكونات ، وكأنه قد تحرك نوعاً ما (Mobile) . بسبب تلك المظهرية ، فقد اعتبرت تلك الصخور حدِّية الموقع فيما بين الصخور المتحولة والصخور النارية . ويمكن أن نقرر فى قول أكثر تحديداً ، أن بعض صخور المجماتايت قد تكون صخوراً متحولة بالكامل .

العروق (Veins) وهى كتل قد ترسبت من محاليل مائية ساخنة (Hydrothermal Solutioins) فى شقوق قد تكون أنبوبية (رأسية) أو صفائحية (أفقية) داخل الصخور . وتتردد العروق فى أحجامها من مجرد عروق مجهرية إلى ذوات العديد من الأمتار سمكاً والعديد من الكيلومترات طولاً . وهى لا تكون متناسقة فى سمكها على مدى تلك الأطوال البعيدة . وقد تحتوى العروق المفردة على معدن واحد ، أو معدنين أو أكثر . ويشيع بشكل خاص تواجد عروق المرو ، وعروق الكالسايت ، مع أو بدون مكونات أخرى . وعادة يكون لمعادن العروق تلاصقات واضحة وحادة ، مع ما يحيط بها من صخور ، أو قد توجد منطقة من العروق المتداخلة (Interveining) أو المتعارضة ، فيكون لها من الخواص ما يؤكد أن الصخور الأم قد تغيرت إلى - أو حلَّ محلها - الصخر الحالى . وقد تمثل الكسور التى ترسبت فيها معادن العروق ، العديد من المظاهر المختلفة مثل ؛ شقوق (Joints) والفوالق (Faults) أو مستويات التطابق (Bedding planes) التى اتسعت بعمليات الإذابة ، أو الكهوف والفجوات داخل البريشة .

صخور ناتجة عن عمليات التجوية : قد تسمى نواتج التجوية التى تتماسك لتكون مواد صلبة ، تسمى بالصخور . . ومن أوفرها الطينات (Laterites and Clays) والبوكسايت (Bauxite) والجوسان (Gossan) . فالطينات والصلصال ، هى معادن طينية جفت وتصلبت واكتسبت خاصية اللُّدانة . وحجم معظم حبيباتها أقل من $\frac{١}{٢٥٦}$ مم والمعادن المكوِّنة أو الداخلة فى تكوين الطينات تشكل مجموعة من أمثالها معادن المونتموريللونايت (Montmorellonite) والكاؤلينايت (Kaolinite) والإيللايت (Illite) . وتعتبر اللاتيرايت تربة حمراء متبقية تنشأ فى المناطق الرطبة الاستوائية الجيدة الصرف

والتى رشحت منها السيليكا . وتحتوى على تركيزات من ايدروكسيدات الحديد والألومنيوم . وتعتبر أحياناً خاماً للحديد أو الألومنيوم أو المنجنيز ، أو النيكل . . وأما البوكسايت ، فهو راسب يتكون من أكسيد الألومنيوم المائى فقير الحديد ، يوجد فى المناطق الاستوائية المطيرة ويستغل مصدراً لعنصر الألمنيوم . وأما الجوسان ، وقد يسمى بقبعة الحديد (Iron hat) فهو راسب حديدى يوجد فى الأجزاء العليا لبعض رواسب خامات المعادن ، يتكون بالتأكسد ، وبالتخلص من الكبريت أو النحاس أو غير ذلك من العناصر . ويدخل فى تركيبه أكاسيد الحديد وعلى الأخص المائية منها . وتشتمل الطرق المؤدية إلى مثل تلك الصخور ، عمليات التجوية الكيميائية من مثل عمليات الإذابة والأكسدة والاختزال والتميؤ . . وإبان نشاط تلك العمليات ، فقد تتكسر المعادن الموجودة فى مواد الصخور الأم أو المصدر ، فى حين قد تتكون معادن جديدة . . كذلك قد تستخلص أو تضاف مواد معدنية جديدة عند الإنسياب البينى لتلك المحاليل . ويمكن التعرف على مفردات معادن تلك الصخور بواسطة المجهر . .

تواجدات الصخور (Rock Occurence) .

ــ الصخور تكون قشرة الأرض .

ــ فالأرض بيضية شكلا ، تتكون من العديد من الأغلفة . .

ــ واحد من تلك الأغلفة وأكبرها ، هو الغلاف الصلد ، ومن داخله يتميز كذلك إلى أغلفة ، أصغرها والخارجى منها هى القشرة . وتطلق لفظة صخر الأديم أو الأساس (Bedrock) على صخر المنطقة الذى ترتكز عليه التربة ، والذى لم تؤثر فيه المؤثرات الجوية بعد ، وقد تكون التربة المرتكزة عليه ناتجة منه أو مترسبة فوقه ومنقولة إليه من أماكن أخرى . أو هى تلك الصخور التى تظهر لتُرى على السطح فى المكاشف ، سواء كانت طبيعية مثل السيف أو الشاطىء الصخرى (Cliff) أو من صنع البشر كالمحاجر . وفى المناطق التى يكون فيها صخر الأديم مكشوفاً ، يكون من اليسير مشاهدة وجمع عينات ممثلة ، بينما فى المناطق التى تكون فيها على سبيل المثال التجوية الكيميائية نشطة وعميقة ، أو أن يكون الغطاء الرسوبى كثيفاً ، فقد يصعب أن تعثر على صخور الأساس ، أو على عينات منه . . ولحسن الحظ ففى بعض مثل تلك المناطق ، تكون الأحجار المتنوعة موجودة فيما يسمى بصخور الغطاء (Overburden) وعندئذ يكون من السهل الحصول على عينات منها . وتعتبر بعض الحُفر الحصوية فى رواسب الثالج ،

وكذلك فى بعض الشواطىء المغطاة بالجلاميد (Cobbles) مواقع أو مصائد لعينات الصخور التى تحطها الثلوج أو السيول من علٍ ، ويسميها البعض بجنة جامعى العينات وهواتها (Rock Colloctoers "Heaven")

وعبر كل العالم ، فإن أفضل الطرق للبحث عن الأنواع المختلفة للصخور المتواجدة فى منطقة ما ، سواء مغطاة كانت أو معرّاة ، هو أن تفحص الخرائط الجيولوجية للمنطقة ، أو المناطق التى يهتم بها الدارس . وبالطبع فإن الخرائط الجيولوجية ذوات المقاييس والأنواع المتعددة ، تتوفر فى هيئة المساحة الجيولوجية والمشروعات التعدينية بطريق صلاح سالم بالعباسية ـ القاهرة . . وقد توجد كذلك فى الجامعات . وعند البحث فى خريطة جيولوجية فسوف تلمس أن هناك مناطق شاسعة وعديدة تكون مدعمة بصخور ذوات أصول متشابهات . . وخذ مثلاً الصحراء الغربية المصرية وشمال سيناء حيث تشكل الصخور الرسوبية صخور الأساس أو الأديم فيها ، بينما تشكل الصخور النارية والمتحولة بشتيتها المتنوع صخور الأديم والأساس فى الصحراء الشرقية وجنوبى سيناء . .

ففى شمال الصحراء الغربية وشمال الصحراء الشرقية تسود الصخور الجيرية بأنواعها المختلفة ، التى قد تصل إلى الدولوية إذا ما احتوت على نسبة من عنصر الماغنسيوم ، أو الحديدية إذا ما تركز فيها عنصر الحديد ـ بالإحلال أو بالترسيب كما فى الواحات البحرية . . بجانب صخور جيرية رملية هنا وهناك تؤثر عليها التجوية فتعطى أشكالا سيريالية غريبة ، وكهوفاً متصلة تؤدى فى النهاية إلى تقطيع فى أوصال تلك الهضاب التى كانت مستمرة يوماً ، أو عند ترسيبها (Karistification) حيث تظهر تلك الأشكال جلياً ما بين الواحات البحرية وحولها وحتى مداخل الواحات الداخلة والخارجة . . ثم تسود صخور رسوبية أخرى إلى الجنوب تتميز بكهوفها وتطبقها الكاذب ، وتلك هى الأحجار الرملية النوبية . . وأما فى الصحراء الشرقية وجنوب سيناء ، فالصخور النارية هى صخور الأساس السائلة ، حيث تكوّن أعلا المرتفعات ، وأقسى التضرسات فى مصر ، فيما يسمى بسلسلة جبال البحر الأحمر وجنوب سيناء . . وفى تلك المناطق نوعيات من الصخور النارية شتى . . فالجرانيت الأحمر والبنى والرمادى والأبيض يشكل غالبية فى الصخور فاتحة الألوان . . ثم الديورايت والجابرو والبازلت وهى صخور داكنة اللون تقارب أن تكون سوداء . . ثم الصخور البركانية وأشهرها ،

بركانيات الدخان . وخير تمثيل لها فى جبل الدخان فى شمال غرب الغردقة حيث توجد فيه النوعيات المتميزة والقرمزية اللون فى روعة وجمال ، والمسماة بالحجر السماقى الامبراطورى (Imperial Porphxery) . . ثم نوعيات الصخور المتحولة من شيست ونايس وغيرهما فى مناطق مثل معيتق وحفافيت وغيرها . . وقد تكون تتابعات صخرية من فوق القاعدية (البيريدوتايت والجابرو) إلى القاعدية البركانية كالبازلت الوسائدى (Pillow lavas) وهو ما يسمى بصخور الأوفيولايت (Ophiolites) كما فى وادى غدير وجبل الحديد . الخلاصة أنه فى تلك المناطق العديد من نوعيات وعينات الصخور التى لا تحصى . . قرة لأعين الباحثين . . ولكل صخر موقع أو مكان يكون فيه ممثلا خير تمثيل ويسمى عندئذ بموقع النوع (Type Locality) .

العلاقات التبادلية فيما بين الصخور :
أو هى دورة الصخور فى قشرة الأرض (Crustal Rock-Cycle) :

انظر الشكل . .

وصف وتعريف الصخور فى العينات اليدوية (Handspecimens) .

الصخور النارية :

بمجرد التعرف على الصخر النارى ، فإن اسمه جنباً إلى جنب مع بعض الصفات الوصفية تؤدى إلى التعريف بالصخر لدرجة تجعل شخصاً ما على دراية بمسميات الصخور النارية ، يتعرف بدرجة لا بأس بها على الكيفية التى تكون بها ذاك الصخر . ويكون ذلك كذلك ، لأن أسماء الصخور النارية توضع على أساس التركيب المعدنى وحجم حبيباته . فمثلا عندما يوصف صخر جرانيتى باسم صخر جرانيتى فاتح اللون متوسط الحبيبات به معدن بايوتايت (Light grey medium grained biotite granite) فذاك يعنى أن الصخر فى مجمله رمادى فاتح اللون ، وأن معادنه الأساسية تتراوح على مدى واسع ما بين ٢ ــ ٥ مم ، وأنه يحتوى على كمية من معدن بايوتايت (المايكا السوداء)

بجانب النسب المئوية من المرو والفلسبارات القليلة والبلاجيوكلاز ، وهى جميعاً مما حدا بنا أن نصف ذلك الحجر ، كصخر جرانيت .

إن هناك مجاميع ثلاثة للأسماء التى تطلق على النوعيات الثلاثة المختلفة للشائع من الصخور النارية . فالمجموعة من الصخور النارية التى يمكن تعريف المعادن الأساسية فيها بالعين المجردة تسمى ظاهرة التبلور (Phanerites) وتكون غالبية - إن لم يكن جل بلوراتها - من نوع البلورات البارزة (Phenocrysts) وهى البلورات كبيرة الحجم تامة الشكل وتوجد عادة فى الصخور النارية الجوفية . وأما المجموعة الثانية فهى الصخور خفية التبلور (Aphanites) وهى الصخور النارية التى تكون المعادن أو البلورات فيها دقيقة جدا للدرجة التى تجعل التعرف عليها يحتاج مهارة كبيرة ، وهى - الصخور - تتميز بنسيج دقيق (Aphanitic) وهو نسيج دقت بلوراته التى يتكون منها بحيث لا تراها العين المجردة . . وقد تكون دقيقة ، وقد تكون خفية (Micro and Cryptocrystalline) . هذا . . . بينما المجموعة الثالثة ، هى المواد الزجاجية الطبيعية . وجدير بالذكر ، أن مسميات المجاميع الثلاثة تتطابق تبعاً للتركيب . وفى الجدول التالى نلاحظ أن التراكيب الكيميائية للصخور فى صفوفها الأفقية هى ذات التراكيب . فمثلا صخر رايولايت هو المكافىء للصخر الجوفى الظاهر البلورات (جرانيت) .

الصخور ظاهرات التبلور (جوفية) (Phanerites)	الصخور دقيقات أو خفيات التبلور (سطحية) (Aphanites)	الزجاج الطبيعى
سياناتيت syenite	تراكايت (Trachyte)	
سيانايت نيفيليني (Nepheline Syenite)	فونولايت (phonolite)	
جرانيت (granite) فلسفايت Felsite*	رايولايت (Rhyolite)	أبسيديان (Obsidian)
جرانوديورايت (Granodierite)	داسايت (Dacite)	
ديورايت (Diorite)	أنديزايت (Andesite)	
جابرو (Gabbro)	بازلت (Basalt)	تراكيلايت Terchylyte
بريدوتايت (Peridotite)	لا يوجد مكافىء سطحى له . .	

* إذا كان هناك صخراً دقيق أو خفى التبلور تماماً بمعنى أنه بدون بلورات بارزة (Phenocrysts) فمن الأفضل ان نسميه فلسايت إذا كان فاتح اللون ، وأن نسميه بازلت إذا كان داكن اللون . ودكانة اللون هنا تعنى سواده أو رماديته الغامقة أو أن يكون بنياً أو أحمراً أو أخضراً أو فيه من الظلال بين هذا وذاك .

إن كثرة من الصخور دقيقة التبلور يمكن أن تسمى بمجرد النظر ، ذلك لأنها تكون بورفيرية (Porphyritic) بمعنى احتوائها على بلورات كبيرة فى نسيج بورفيرى (وهو النسيج فى الصخور النارية التى تتكون من بلورات واضحة منتشرة فى وسط مكون من معادن حبيباتها دقيقة) . تلك الحبيبات الواضحة تسمى (Phenocrysts) وهى التى يسهل تمييزها بعدسات يدوية أو مجهرية ذوات تكبير صغير . وعادة تكون تلك الحبيبات الكبيرة من نفس النوع ، وتكون كذلك متواجدة بنفس النسب كما فى الأرضية دقيقة أو خفية الحبيبات ، والتى تحيط بها ، والتى يلزم لدراستها قوة تكبير مجهرية عظيمة . وبناء على ذلك فالحبيبات الكبيرة الواضحة تدل على التركيب الشامل للصخر ، ومن ثم يمكن أن تأتى التسمية الدقيقة . فمثلاً عندما يحتوى الصخر على المرو والفلسبار القلى وبلورات كبيرة من البلاجيوكلاز بذات النسب كالمحتوى المعدنى لصخر الجرانيت فإنه عندئذ يدعى رايولايت أو إن شئت الدقة رايولايت بورفيرى (Rhyolite porphyry) . ويجب أن يؤخذ فى الاعتبار هنا أن تعبير « بورفيرى » ليس خاصاً فى استخدامه بالصخور النارية ذوات الأرضية الدقيقة أو الخفية ، فقط ، ذلك لأن كل الصخور على اختلاف أنواعها ، والتى تتكون من حبيبات كبيرة محاطة بأرضية دقيقة أو خفية التبلور تسمى كذلك بورفيرات .

وعلى أى الأحوال . . فإن القاعدة العريضة والمقبولة لتسمية صخر بورفيرى ، هى أن نستخدم اسم الصخر المنطبق على المكونات المعدنية لأرضيته ، مضافاً إليه لفظة بورفيرى . وعلى ذلك وعلى سبيل المثال ، فإن صخرى رايولايت بورفيرى وجرانيت بورفيرى ذات التركيب المعدنى الواحد ، ولكن يأتى الخلاف بينهما باختلاف نسيج الأرضيات . فالريولايت البورفيرى له أرضية دقيقة أو خفية التبلور ، بينما تكون الأرضية فى الجرانيت البورفيرى ظاهرة التبلور . وأما غالبية المادة الزجاجية النارية ، التى قد يقابلها الدارس فى الحقل ، فتسمى أوبسيديان . . وتلقى التحاليل الكيميائية مزيداً من الضوء الذى يؤدى إلى مزيد من التحديد فى المسميات ، كأن نقول أوبسيديان تراكيتى مثلا . . وما سواه فى كل الصخور النارية الشائعة فهو تراكيلايت . وهناك اختباران بسيطان للتفرقة بين ما هو أوبسيديان ، وما هو تركيلايت ، ذلكما هما :

١ ــ الأوبسيديان يسمح بمرور الضوء (Translucent) عندما يقطع إلى رقائق ، بينما التراكيلايت يكون معتماً .

٢ ــ التراكيلايت يذوب فى يسر فى حامض الايدروكلوريك ، بينها الأوبسيديان لا يذوب .

وكما يظهر من ذاك الاستعراض والمناقشة ، فالأمر فى تعريف وتسمية صخر نارى ، لا يستلزم إلا تحديد حجوم البلورات أو الحبيبات فيه ، ثم تعرّف المكونات المعدنية الأساسية له ، بالإضافة إلى تقدير النسب المئوية لتلك المكونات . وتحتوى الكتب المتخصصة طبعا على أنواع عديدة ـ إضافة إلى ما سيرد فى آخر هذا الكتاب ـ من نوعيات المعادن والصخور .

ولقد سبقت الإشارة إلى صخور البجماتايت (Pegmatites) . كما نلفت النظر هنا إلى كلمة فقاعى (Vesicular) التى تشير إلى الصخور النارية ـ وغالباً البازلتية ـ التى تحتوى على ثقوب دائرية كروية (Vesicles) تنشأ عند تمدد الفقاعات الغازية المتواجدة أصلًا فى الصُهارة الأم (Parent Magma) إبان تصلدها . أما كلمة لوزانى (Amygdaloidal) فتشير إلى الصخور الفقاعية التى امتلأت فقاعاتها وتسمى الفقاعات الممتلئة عندئذ باللوزات (Amygdules) .

* * *

ونأتى بعد ذلك للصخور الرسوبية . .

وهى تسمى بالصخور الثانوية . وكما فى الصخور النارية ـ الأولية ـ يستخدم اسم الصخر مضافاً إليه ـ أو غير مضاف ـ صفة مناسبة . ولكن لا شك ، لابد أن تختلف أسس وقواعد تسميات الصخور الرسوبية عن غيرها . فبالنسبة للصخور الرسوبية التى تتكون بتوضع أو بتحجر (Lithification) المفتتات السائبة ، يقوم تصنيفها على أساس من حجوم الحبيبات . وكما سيظهر من الملاحظات اللاحقة للجدول التالى ، فإن قلة من المسميات يلزمها بعض الضوابط .

جدول بين الرواسب المنقولة والصخور الرسوبية
(Detrital Sediments and Sedimentay Rocks)

أقطار الحبيبات	تجمعات مفككة أو سائبة	تجمعات متماسكة متصلدة (صخور)	ملاحظات
أكبر من ٢ مم	حصى Gravel وكسارة Rubble	رواهص (Conglomerate بريشة* Breccia	حبيبات مستديرة حبيبات زاوية
١/١٦ - ٢ مم	رمال Sand	حجر رملى Sandstone	مرو **
١/٦٢٥ - ١/١٦ مم	راسب طينى (Silt) دقيق الحبيبات نوعا تلتصق ببعضها إذا ابتلت على خلاف الرمال	حجر غرينى ، رسوبى حتاتى دقيق الحبيبات متكون من جسيمات غرينية (Siltstone)	يتضمن الطفل***
أقل من ١/٦٢٥	طين clay صلصال خاصية اللدانة	حجر الطين (claystone)	واحجار الطين (Mudstone)

الملاحظات :

* الكثير من الرواهص والبريشة قد لا تكون من أصل رسوبى .

** الصخور الرسوبية التى تتكون من حبيبات فى حجم الرمال وتكون عادة مشتملة على ٢٥ ٪ أو أكثر من الفلسبارات تسمى ، أركوز (Arkose) وهو حجر رملى متوسط الفرز ، ينشأ من تعرية الصخور النارية الحمضية كالجرانيت ، ويتكون غالباً من فتات المرو والفلسبار فى وسط كاؤلينى ، وتزيد نسبة الفلسبار فيه على ٢٥ ٪ وتقل نسبة الوسط الكاؤلينى عن ٢٠ ٪ . وأما الصخور الرسوبية التى تتكون من ٢٥ ٪ أو أكثر من المعادن المعتمة أو الشظايا الصخرية فتسمى واكى (greywacke) وتترجم إلى جروق ، وهو الصخر الرسوبى حتاتى رملى ردىء الفرز ينشأ من تعرية الصخور النارية القاعدية

والصخور المتحولة ، وتنحصر فيه نسبة حبات الفلسبار بين ١٠ ٪ و٥٠ ٪ وتوجد فى وسط من مادة كلورايتية تكوّن غالباً أكثر من ٢٠ ٪ من كل الصخر .

* * * الطفل (Shale) ويسمى أيضا بالطفال وهو الطين والصلصال بتصلبانه على هيئة رقائق بتأثير ضغط ما فوقها من صخور ، ويكون قابلاً للتشقق (Fessile) بسهولة على طول مستويات التطبق (Bedding Planes) .

وأما الصخور الرسوبية التى تتكون بالترسيب (Precipitation) سواء كان كيميائياً أو كيميائياً حيوياً ، فأسس تسميتها تكمن فى تركيبها المعدنى ، كما فى الجدول التالى ، ومع ذلك فقلة من تلك الصخور قد شذت عن القاعدة ، فمثلا :

صخر الجبس gypsum قد يسمى أحياناً جيبروك Gyprock .

صخر انهيدرايت Anhydrite قد يسمى أحياناً انهيدروك Anhydrock .

الصخور الرسوبية الشائعة من ذوات الأصل الترسيبى والتى يدل مسماها على تركيبها
(Commen Nondetrital sedimentary Rocks)

الاسم	المكون المعدنى
الحجر الجيرى* Limestone	الكالسايت Calcite
الحجر الدولوى** Dolostone	الدولومايت Dolomite
الظران* Chert	المرو الدقيق Crypocrystollin Quartz
الطباشير Chalk	الكالسايت والأراجونايت *** Calcite and or Argonite
الترافرتين Travertine	الكالسايت والأراجونايت **** Calcite and or Argonite
الجبروك Gyprock	الجبس Gypsum
الأنهيدروك Anhydrock	الأنهيدرايت Anhydrite
ملح الصخر Rock Salt	الهالايت Halite

الملاحظات :

* بعض الأحجار الجيرية تتكون من مفتتات حصوية ، وحينئذ من الأفضل تسميتها (Calcirudite) أما إذا كانت أحجام تلك الكسرات فى حجم الرمال فتسمى

(Calcarenite) ، وأما إذا كانت فى حجم حبيبات الطين والغرين فتسمى (Calcilutite) .

* * غالبية الأحجار الدولوية والظران تتكون بالإحلال المابعدى (Diagentic Replacement) للطين الكربوناتى (Calcium-corbonate mud) . والظران أو الصوّان هو حجر صلد من المرو مكسره غسر مستو ، استعمله الانسان الأول فى صنع أدواته .

* * * فى الغالب يكون فى حالة مسحوق ويتكون من مخاليط متنوعة من الكائنات الدقيقة جدا .

* * * * بالترسيب من المحاليل فى الكهوف وحول الينابيع والنزازات (Springs and Seaps) .

* * *

ومع أن جمهرة الجيولوجيين يعتبرون بأن الأحجار الجيرية تنتمى إلى المجموعة الترسيبية فى الصخور الرسوبية ، إلا أن آخرين يعتقدون أن الكثير الكثير من الأحجار الجيرية ، تستحق أن تكون قسماً قائماً بذاته بين أقسام الصخور الرسوبية بعامة ، وأن القسم والاسم المقترح له هو (Intrabasinal Clastics) أو الطبقات الفتاتية ما بين الأحواض . وتتكون تلك الصخور من شظايا كربونات الكالسيوم ($CaCO_3$ Fragments) التى نشأت عن الترسيب الكيميائى أو الكيميائى الحيوى ، والتى تحركت داخل حوض الترسيب الذى فيه ترسبت ، ثم هى بالتتابع توضعت (Lithified) أو تصلدت صخوراً بتملطها . ولذلك فيجب أن تسمى تلك الصخور تبعاً لما يتعرف عليه من الشظايا المكونة لها . فنجد : شظوية صدفية (Intraclstics) وهى بقايا أحياء مثل شظايا الأصداف ، بطروخية (Oolites) . . الخ . وكذلك تبعاً لحجوم حبيبات المادة اللاحمة أو الملاط ذاته (Cement) فنجد مثلا الصخور ذوات المظهر الشعاعى (Spary) ، ثم أخيراً تبعاً لحجم الحبيبات الكلى للشظايا بعامة . . .

وأخراً . . الصخور المتحولة . . وهى ماتدرس بعلم الصخور المتحولة (Metamorphic Petrology) الذى يدرس كلا من الصخور الرسوبية والنارية وحتى المتحولة إذا تأثرت بارتفاع كبير فى الحرارة و/أو الضغط وتغيرت أصولها واستحالت إلى صخور أخرى مختلفة تماماً . وهى تُصنف بشكل عام إلى صخور متورقة (Faliated) وهو

مصطلح عام يطلق على الصخور الصفائحية مثل الشيست والنايس اللذين توجد فيهما البلوات فى هيئة ورقية (Foliated crystal habit ، أو فلنقل تتورق فيهما المعادن بمعنى تتشقق فى هيئة صفائح رقيقة . وعلى ذكر التورق ، فهو نوعان : تورق أولى (Primay foliation) وهو صورة أولية فى الصخور النارية يكتسبها الصخر ، إذ تنتظم فيه المعادن متوازية بأطوال محاورها فى اتجاه انسياب الصخر فى أثناء تبرده ، وقد يتسمى النسيج هنا بالنسيج الانسيابى (Flow texture) ، وأما التورق الثانوى (Secondary foliation) فهو بنية ثانوية تشبه التصفح ، ولكنها أقل منه درجة ، لأن التكسر غير تام وانتظام المعادن غير تام ، وهو ينتاب الصخور ذات الحبيبات الغليظة والصخور ذات الحبيبات الدقيقة ، ويلاحظ بوضوح فى صخور النايس (Gneiss) غليظة النسيج وكذلك فى صخور الشيست (Schist) دقيقة النسيج والحبيبات وقد قاربت فى شكلها الأردواز . . ونعود فنقول ان الصخور المتحولة تصنف إلى صخور ورقية متشققة وأخرى غير متشققة (Nonfoliated) . بحبيبات معدنية نصلية أو صفائحية (Platy or tabuler) ، وهى الصخور التى تُظهر حبيباتها اتجاهات سائدة بشكل عام . وفى الجدول التالى نماذج منها .

الصخور المتحولة الشائعة (Common Metamorphic Rocks)

الاسم	الخــــواص
نايس متورق (Foliated gneiss)	له تورق جيد أو غير جيد مع سيادة معادن حبيبية من المرو والفلسبارات .
أمفيبولايت (Amphibolite)	من تورق جيد إلى ضعيف ، تسود فيه الأمفيبولات (مجموعة من المعادن السليكياتية تركيبها العام سيليكات صوديوم وكالسيوم وماغنسيوم وحديد وألمونيوم متراكبة . وتتراوح ألوانها بين الأخضر والأخضر المسود) مع بلاجيوكلاز .
شيست (Schist)	تورق جيد على مسافات صغيرة ، تسود فيه المعادن النصالية الهيئة (Platy) كالمايكا بشقيها (موسكوفايت وبايوتايت) والكلورايت .

الاسم	الخواص
فيللايت (Phyllite)	متوسط ما بين الشيست والاردواز ، متغضن وله لمعان زجاجى .
اردواز (Slate)	له مظهر متجانس ؛ دقيق الحبيبات لدرجة يصعب معها التعرف على معادنه بمساعدة عدسة يدوية ، ويتشقق بسهولة إلى شرائح (Slabs) رقيقة وليس ضروريا أن تتوازى مستوياتها مع مستويات التطبق الأصلية .
صخور غير متشققة أو غير متورقة : (Nonfoliated) :	
رخام (Marble)	متشعع تماماً (Sparry) بمعنى أنه يحتوى على بلورات تتراوح بين الدقة والخشونة وقد تسود فيها معادن الكالسايت و/ أو الدولومايت .
الكوارتزيت (Quartzite)	ينكسر هذا الصخر بمكسر محارى أو صدفى (Conchoidal) كما ينكسر الزجاج العادى بخطوط منحنية ناعمة ، ويتكون من المرو النقى .
ميتا (-Meta)	وهى لازمة متقدمة تستخدم فى مسميات العديد من الصخور المتحولة التى يعرف دليلها . مثال على ذلك نقول (Metaconglomerates, Metagabbro) .

عرفنا إذن أن التحول أنواع : منها تحول حرارى (بالتلاصق) ومنها تحول اقليمى (بالحرارة والضغط على نطاق واسع) وفى الحالين تلعب المحاليل الكيميائية والغازات المتطايرة الساخنة والنشطة ، دوراً هاماً فى تمام التحول فى الحالة الصلدة التى لا تصل فيها الصخور إلى الانصهار الكامل أبداً . . هناك نوع من أنواع التحول غير هام وغير شائع وهو التحول بالتحطم أو بالتهشيم ، وهو ما يُعنى بعالى الضغط فقط . . وتتميز

الصخور المختلفة عن بعضها ـ كما بينا سابقا ـ بالنسيج . وفيما يلى اعادة تصور مبسط لما قلناه من قبل ، ولكن نورده فى صورة أخرى بالغين الهدف وهو فهم وإدراك ذاك التحول وصخوره . .

تصنيف مبسط للصخور المتحولة

عوامل التحول	النسيج الناتج	الصخر الأصل	الصخر الناتج	
حرارة + محاليل	نسيج حبيبى (Mosaic)	ـ حجر طينى	هورنفلس	
		ـ حجر جيرى	رخام	
		حجر رمل	كوارتزايت	
حرارة + ضغط + محاليل	نسيج صفائحى متورق (Foliated)	ـ طفل	اردواز	دقيق الحبيبات يتشقق بسهولة .
		ـ صخور رسوبية نارية	أوشيست	متوسط الحبيبات متصل الصفائح .
		ـ رسوبية أو نارية	نايس	خشن الحبيبات غير متصل الصفائح .

كذلك سنقابل فى تعرفنا على الصخور المتحولة ، ذكر درجات التحول ما بين منخفضة أو متوسطة أو عالية الدرجة : وهى أمور على كل حال ، تسمى بنطاقات التحول المختلفة . ولكل نطاق معادنة الدالّة عليه ، فنجد مثلاً . .

١ ـ نطاق التحول منخفض الحرارة ، أو نطاق الكلورايت : من معادنه الموسكوفايت والكلورايت . .

٢ ـ نطاق التحول متوسط الدرجة ، أو نطاق بيوتايت ، جارنت ، شتورولايت وكيانايت ، وهو أقرب لسطح الأرض ، وله معادنه المختلفة ، والدالة عليه ، ومنها المعادن المذكورة .

٣ ـ نطاق التحول عالى الدرجة ، أو نطاق سيليمانايت وله معادن الدالة عليه كذلك . .

ونعود ، فنورد هنا صورة أخرى من تصنيف الصخور المتحولة ، لعلنا بالغين بذلك حد الفهم ، وفى الإعادة ، إفادة . .

الصخور الأصلية	مسميات الصخور المتحولة	الوصف العام
	اردواز (Slate)	صخر متحول نتج من تأثير الضغط الشديد على الرواسب الطينية فأصبح كالصفائح التى يصعب فصلها عن بعضها . يكون أسود اللون غالبا . ناتج عن تحول منخفض الدرجة .
رواسب طينية (Argillaceous sediments)	فيللايت (Phyllite)	صخر دقيق الحبيبات ، له مستويات تشقق لامعة ومتعضنة . يكون عادة بنى مخضر . ناتج تحول درجة أعلى من الاردواز .
	شيست مايكائى (Mica schist)	حبيبات ما بين الخشنة والمتوسطة ، له تشقق خشن وغالبا ما يكون متغضناً أو متثنياً وموازياً لتورق المايكا . ناتج تحول ذى درجة متوسطة إلى عالية .
خليط من رواسب أو صخور نارية حامضية	نايس (gneiss)	حبيبات من متوسطة إلى خشنة ، متورق إلى طبقات مخططة من المرو وأشباه الفلسبارات والمايكا . ناتج تحول درجة عالية .
	جرانوفيلس (granofels)	حبيبات متساوية من دقيقة إلى خشنة . غير متورق ، غالبا من المرو وأشباه الفلسبارات (Quartzo feldsparthic) . ناتج تحول من الدرجة المتوسطة إلى العالية .
رواسب رملية (Arrenaceous)	كوارتزايت	حبيبات متداخلة من المرو ، ولا يوجد تورق غالبا . يكون أحياناً مايكائى . لونه أبيض .
رواسب جيرية (Calcarous)	رخام	حبيبات متداخلة من الكالسايت أو الدولومايت ، وقد يحتوى أحياناً على معادن جيرية سيليكية (Calcsilicates) . لونه قد يكون أبيض أو رمادى .. الخ .
صخور قاعدية نارية	شيست أكتينولايتى وكلورايتى	متورق بشدة ، صخور خضراء مع تغضنات فى تشققاتها . درجة تحول منخفضة إلى متوسطة .
	أمفيبولايت	حبيبات متوسطة إلى خشنة ، اللون يسود غالبا ، قد يكون متورقا وتظهر فيه خاصية التطبق . يتكون من معدن الهورنبلند والبلاجيوكلاز .
	إكلوجايت (Eclogite)	حبيبات متوسطة إلى خشنة ، وتوجد به حبيبات من الجارنت الأحمر فى أرضية من البيروكسينات الخضراء . ناتج تحول درجة عالية .
متنوعات	هورنفلس (Hornfels)	هذا اسم عام للصخور المتكونة بالتحول الحرارى أو التلاصقى . غالبيتها ذوات حبيبات دقيقة ، سوداء ، وينقصها التورق .
	مايلونايت (Mylonite)	دقيقة الحبيبات جدا ، تورقات رفيعة ، له مظهر الزلط أو الظران غالبا داكن اللون . ناتج الطحن والجروشة الميكانيكية .

وأخيرا . . .

فإنه كثيراً ما تتعرض مسميات الصخور المتحولة لسوء استخدام متكرر . وأول ما يكون فى ذلك الأمر ، هو مسمى الرخام . فالجيولوجيون يستخدمون هذه التسمية

للصخور المتحولة التى تتكون دائماً من معدنى الكالسايت أو الدولومايت أو كليهما معاً . بينما غير المتخصصين كالإنشائيين مثلا يستخدمون هذا المسمى ـ رخام ـ للتعريف بأى صخر غنى بالكالسايت والدولومايت ويمكن صقله جيداً . معنى ذلك ، أن العديد من الأحجار الجيرية والدولوية وكذلك صخور الرخام الحقيقية ، سوف تدخل جميعاً فيما يطلق عليه تسويقياً اسم الرخام . أما ثانى الأمور فى سوء الاستخدام لمسميات الصخور المتحولة ، فيكمن فى مسمى الكوارتزايت . فهذا المصطلح يستخدم عادة فى وصف صخور الطرق التى تتكون من كسر حبيبات الرمال . وطبقاً لهذا الاستخدام فإن الكثرة من الأحجار الرملية المتملطة بمادة السيليكا ، والتى هى صخور رسوبية أساساً ، وكذلك الصخور الرملية المتحولة ، سوف تخضع تسويقياً لهذا المسمى ـ كوارتزايت .

وهكذا ننتهى من التقسيم الثلاثى العام للصخور إلى نارية ورسوبية ومتحولة . . وقبل أن نبتعد كثيراً ، نذكر أن هناك تصنيفاً أكثر شمولاً وعمومية للصخور ، ولا بأس من ايراده هنا ، وهو تصنيف كروك (١٩١٤) للصخور تكوينياً ، رتبت فيه الصخور بحسب العمليات الجيولوجية التى أدت إليها ، فى رتبتين كبيرتين هما :

رتبة الصخور داخلية المنشأ : وهى التى تكونت بعمليات منشؤها داخلى فى أعماق الأرض وطاقتها مستمدة من الباطن ، أى من الداخل إلى الخارج بالنسبة لقشرة الأرض ، معطية الصخور النارية والمتحولة .

رتبة الصخور خارجية المنشأ : وهى التى تكونت بعمليات خارجية تعمل على سطح الأرض أو قريباً منه أو هى من الخارج إلى الداخل ، تحت درجات حرارية عادية ، وما يصاحبها من ماء مصدره الغلاف الجوى ، معطية الصخور الرسوبية ومخلفات عمليات التجوية .

ويمكننا فى إجمال ، أن نميز بين الأنواع الصخرية الرئيسية الثلاثة ـ النارية والرسوبية والمتحولة بمقارنة خواص معينة ، هى :

١ ـ الطباقية : الرسوبية توجد على شكل طبقات غالباً ، والنارية على هيئة كتل غالباً ، أما المتحولة فمتورقة إذا كانت متحولة عن صخور رسوبية أو نارية .

٢ ــ احتواء الحفريات : الرسوبية تحتوى حفريات ، بينها النارية لا أثر فيها للحفريات ، وأما المتحولة فعادة لا تحتوى ، وان احتوت ، فحفريات مهشمة .

٣ ــ بلورية المعادن : النارية غالباً متبلورة ، وكذا المتحولة ، أما الرسوبية فقد تكون وقد لا تكون .

٤ ــ المسامية : متوفرة فى الصخور الرسوبية ، وغالباً معدومة فى النارية والمتحولة وإن تكن فى بعض الصخور النارية توجد فجوات وليست مسام .

صخور أُخر غير ما ذكر :

المتكسرات (Pyroclastics) وهى ما قد تنتمى إلى كل من النارية والرسوبية الفتاتية (Detrital) . وهى جميعاً قد تسمى طف (Tuffs) . وقد أعطيت مسميات تعكس فى منطوقها تلك العلاقة وتحتوى المسميات عادة على أربعة مناح هى :

١ ــ نوع الشظايا (Fragment) .

٢ــ التركيب معبراً عنه بمسمى الصخر الدقيق المكافىء له (Equivalent Aphanetic) .

٣ــ حجم غالبية الشظايا .

٤ ــ ثم غالباً كلمة طف (Tuff)التى تُظهر أن الصخر من المتكسرات .

والنموذج على ذلك متكسرات الأنديزايت المتشظى فى حجم لوبيات (مفردها لوبية وهى الحصى البركانى ، فى حجم الحمصة أو الجوزة (Lithic Andesite Lapilli Tuff) .

جدول يبين المتكسرات وصخورها

الحجم ﺑﺎﻟﻤﻠﻴﻤﺘﺮ للشظايا	الكسرة أو الشظية	فى حالة غير متماسكة (Tephra)	فى حالة متماسكة
أكبر من ٦٤ مم	قنبلة* (Bomb)	قنابل (Bombs)	طفى أو متكسرات ثارية Bomb tuff or Agglamenretes
من ٢ مم - ٦٤ مم	كتلة** (Blok)	كتل (Block)	Bomp tuff or pyroclas breccia
أقل من ٢ مم ***	لوبية (Lampillus) ذرة غبار Ashgrain	لوبيات (Lanpillis) غبار Ashgrain	طف لوبى Lapelli tuff طف غبارى Ash tuff

ملاحظات :

* كسرة تتكون من مادة كانت على الأقل سائلة جزئياً عندما قُذفت .

** كسرة كانت قطعياً صلبة عند القذف .

*** يستخدم بعض الجيولوجيين أربعة مم كحد قطعى .

ويمكن وصف مفردات تلك المتكسرات على النحو التالى :

القنابل (Bombs) : تكون لها عادة أشكال ملوية ، تشير إلى أنها تصلدت إبان تطايرها فى الهواء عن مادة منصهرة أو شبه منصهرة .

الكتل (Blocks) : وهى شظايا صخرية كبيرة ، تكسرت من جوانب عنق البركان أو قشرة تغطى ما تحتها من مصهور أو صُهارة .

اللوبيات (lappilli) مفردها « لوبية » وهو الاسم الذى يطلق على كسرة مفردة من مواد معدنية و/أو صخرية (بما فيها الزجاج الطبيعى) ، وكذلك تتسمى به القنابل و/أو المتكسرات كتلية الشكل (Blocklike) التى لها أقطار تتراوح فى المتوسط ما بين ٢ إلى ٦٤ مم .

غبار (Ash) ومفرده ذرة (Ashgrain) وهى شظية معدنية أو من زجاج طبيعى أو من صخر يقل قطرها عن ٢ مم .

الصخور التى تتكون بالعمليات المابعدية (Diagenitic Rocks) :

فى غالب من الأحيان تعامل الصخور المابعدية كصخور رسوبية ، ومن ثم ، فمسمياتها تستخدم أساساً بنفس الطريقة كما هو الحال فى الصخور الرسوبية الترسيبية . فى قول آخر ، إن مسمياتها تعكس تركيبها المعدنى بشكل عام . وخير مثال على ذلك ، هو أحجار جيرية بذاتها (تتكون كلسية - أو فى الغالب - من الكالسايت) ، أو أحجار دولوية (Dolostones) أو قد تسمى دولومايتية (وتتكون من معدن الدولومايت غالباً) ، ثم الظران (Chert)ويسمى البعض منه بالزلط (Flint) (وهو ما يتكون غالباً من المرو

From, Diettrich, R.V. and Stinner, B.J. (1978(: Rocks and Minerals. NewYork, Willey, p. 160.

المجهرى أو القريب من ذلك) . . ثم الفحومات (Coals) . . . وفى مثل تلك الأحوال قد تفضل مسميات مثل حجر جيرى دولوى معاد تبلوره (Dolomitized Biomicrudite) وهكذا . . وتنتمى إلى هذه الفصيلة الصخرية ، نوعيات عديدة أخرى أقل انتشارا مما ذكر . ومنها :

صخور المجماتايت Migmatites : إن هناك خلطاً فى مسميات تلك الصخور أكثر مما فى تلك النوعيات ذاتها . وحقيقة فقد يكون من الأفضل أن نصف تلك الصخور بالرسوم والأشكال التوضيحية بأكثر مما يمكن بالكلمات وحدها .

ولكن قد يكون من الأفضل أن تجمع كل الأنواع المجماتيتية تحت مسمى مجماتيتات فقط ، مع ملاحظة المكونات الصخرية الأساسية فيها . فهناك مثلا نوعيات تتكون من امفيبولايت وجرانوديورايت ومن ثم تكنى بها .

العروق Veins تتسمى الكتل العرقية الصخرية بشكل عام على أساس مكوناتها المعدنية ، فهناك مثلا الصخور العرقية الكلسية الحاملة لمعادن الجالينا وسفاليرايت (Galena and Sphalerite-bearing calcite Veins) . وبسبب أن مسمى جالينا يستخدم كثيرا لخام الرصاص وأن سفاليرايت يستخدم لخام الزنك ، فتكون التسمية عندئذ عروق رصاص - زنك (Lead Zinc Veins) . وفيما مضى كان البعض من الجيولوجيين يستخدم تسميات بديلة تشير إلى الظروف التى تكون قد ساعدت على تكوين مثل تلك العروق ، فنجد مثلا عروق حرارة متوسطة (Mesothermal Veins) ولكن من وجهة النظر العملية ، فإن التسمية بالمكونات المعدنية تكون أعم وأكثر فائدة .

صخور نواتج التجوية (Weathering Products) توضع تلك المواد عادة تحت بند (صخور أخرى) وهى تختلف عادة عن سواها فى الطريقة العامة للتكوين . ويعتبر تصنيفها والتعريف بها خارج نطاق هذا الكتاب° .

الصخور الكاذبة (Pseudorocks) وهى العديد مما يصنع الإنسان من مواد شبيهة بالصخور ومنها الطوب (Brick) والبلاط (Tile) والفخار (Pottery) وفحم الكوك (Coke) والخرسانة (Concrete) والزجاج (Glass) والخبث (Slag) . . الخ . ولا نعتقد أن أياً منها يختلط أمره على دارس أو هاوٍ واعٍ .

الباب الرابع

الحفريات Fossils

ــ ان دراسة الحفريات (ويسميها البعض الأحافير) مفيدة لا مراء . .

ــ وهى دراسة تلتزم الجمع ـ كما هو الحال فى كل العلوم العصرية ـ بين العلوم البيولوجية (حيوان ونبات) وبين العلوم الجيولوجية .

ــ وهى المعين للعلماء ، بما تمدهم من وسائل لتقصى تاريخ الحياة منذ بداياتها الأولى لأكثر من ثلاثة بلايين ونصف البليون من السنوات الماضيات وحتى يوم نعيشه . . .

ــ وهى مفيدة للجيولوجيين بشكل خاص فى كونها مؤشرات لمعرفة : منذ متى ترسبت أو تكونت الصخور وفى أى البيئات كان ذلك ؟ !

ــ وللحفريات كذلك قيمة اقتصادية غير منكورة . فالفحم تكون من تجمع النباتات التى كانت تعيش فى المستنقعات منذ ملايين السنين ، كما أن الزيت الخام والغاز

هما معاً من نواتج التغيرات الكيميائية ، التي حدثت عندما تعرضت الكائنات التي كانت حية للحرارات والضغوط . كذلك فإن الكثير من أحجار البناء ما هي إلا أحجار جيرية تكونت من أصداف حيوانات كانت تعيش في بحار الأمس البعيد . . ولعل أشهر بناية بتلك الأحجار هي أهرامات الجيزة الشهيرة التي بنيت من أحجار جيرية ، قُدت من هضبة المقطم ، وسميت باسم ما تحتويه من أصداف (Nummulitic Limestones) وهي أحجار جيرية تحتوي حفريات النوميولايتات (Nummulites) التي كانت تعيش في مياه منذ قرابة الخمسين مليون سنة مضت . . ولعل ذلك أن يكون مؤشراً لنا لندرك أن جبل المقطم الشهير في شرق القاهرة كان في ذلك الزمان الغابر قاعاً لبحر عظيم . .

ويُعد البحث عن الحفريات والتقاطها وتصنيفها ، ثم تبويبها ، أمراً له متعته الخاصة عند الدارسين لذلك الفرع من أفرع علم الجيولوجيا . . وفيما يلي ستعرف على الحفريات ، وأين نبحث عنها ونجدها ؟ وكيف تكونت ؟ وما إلى ذلك . .

تعريف الحفرية :

الحفرية هي بقايا أو آثار أو شواهد لكائن حي قديم ، نباتاً كان أو حيواناً ، احتُفظ بها في الصخور مستحجراً في العادة . ويطلق اسم التجمع الحفري (Fossil Assemblage) على مجموعة من الحفريات المتنوعة في طبقات معينة ، تشتمل على كميات مختلفة من « الفونة والفلورة » . ويعرف التجمع الحفري عادة باسم الحفرية الغالبة فيه ، أو باسم حفرية خاصة تميزه . أما مصطلح موطن أحيائي أو « بيوتوب حفري » (Fossil Biotope) فهو يعبر عن مساحة من الصخر الراسب على مستوى التطبُّق ، يحتلها مجتمع رفات يمثل العشيرة الأحيائية التي كانت تحتل المساحة نفسها في أثناء الحياة تمثيلاً مقرباً . . وهذا يستدعي ما نسميه كثافة حفرية . بمعنى عدد الحفريات في وحدة المساحة . ولقد وردت تواً كلمة (فونة -Fauna) وهي تعني جماعة الحيوان في مكان ما ، وفي زمان ما . وتعتبر السيادة الفونية (Faunal Dominance) خاصية من خصائص الجماعات الحيوانية ، تعرف بأنها النسبة المئوية لوجود أكثر الأنواع شيوعاً . أما المنطقة الفونية أو الإقليم الفوني (Faunal Province) فهو قسم من الدولة الفونية يحجزه عن غيره فيها ، عائق جغرافي

يؤدى إلى تميز الحيوانات التى تقطن ذاك الإقليم عن غيره من أقاليم الدولة الفونية ذاتها . أما إذا جئنا إلى ما يسمى المجال الفونى أو الدولة الفونية هذه (Faunal Realm) فنقول بأنها مساحات شاسعة من البر أو البحر ، تتميز بفونة معينة لها خصائصها المميزة ، وتفصل هذه المساحات عن غيرها عوائق جغرافية . ومن أمثلة الدول الفونية ، دولة أمريكا الجنوبية ودولة استراليا . . ولا يجب أن يخلط بين المقصود بالدولة الفونية والدولة السياسية الحالية . . وتتباين الدول الفونية طبعاً بالتباين الفونى ذاته (Faunal Variability) والذى هو دالة بيئية تعتمد على عدد أنواع الأحياء فى بيئة معينة ، وتعرف بأنها عدد الأنواع التى يكون حاصل جمع نسبها المئوية مساوياً ٩٠٪ من الجماعة كلها ، وتجرى عادة فى حالة الحفريات إذ تتناسب أعداد الأنواع القاعية منها مع تغير البيئة تناسباً عكسياً . والنطاق الفونى (Faunal zone) هو نطاق صخرى من العمود الجيولوجى له عمر محدد ، ويتميز بمجموعة معينة من الحفريات من بينها نوع لا يجاوز مداه الاستراتجرافى حدود النطاق ، ويسمى النطاق الفونى باسمه . .

. . وأما « الفلورة » (Flora) فهى جماعة النبات فى مكان ما وفى زمن ما . . ونطاقها (Floral zone) هو طبقة أو مجموعة من الطبقات تتميز بتجمع خاص من النباتات الحفرية . . وينطبق على الفلورة ما انطبق على الفونة من قبل . . . ونعود ثانية إلى الحفرية . . ولكى تكون حفرية يجب :

١ ــ أن تكون من بقايا حيوان أو نبات . أو أن تكون أثراً أو شاهداً على تواجد حيوان أو نبات .

٢ــ أن توجد فى الصخور .

ولمزيد من الإيضاح نقول ، إن تلك النباتات والحيوانات التى تتاح لها فرصة الحفظ كحفرية ، لابد أن تتميز بوجود أجزاء صلبة فى بنيتها ، مثل الأصداف أو العظام أو الهياكل أو الأسنان . وعندما يموت الحيوان تتحلل لحومه فتفنى ، ولا يبقى إلا الأجزاء الصلبة منه . فإذا حفظت تلك الأجزاء فى الصخور ، تغدو بقايا (Remains) لذاك الحيوان . وحتى مع وجود تلك الأجزاء الصلبة ، فإن مشابهتها بالحيوان أو النبات الذى كان ، يكون أمراً صعباً . ومع ذلك ، فكثير من الحيوانات وغالبية النباتات لا تتمتع بتواجد أجزاء صلبة . ولحسن الحظ ، فإن ذلك لا يعنى بالضرورة أنها لا تكون

حفريات . فكما يقرر تعريف الحفرية ، فإن الشواهد والآثار الدالة على الحيوان أو النبات ، تعتبر هى أيضاً حفرية من الحفريات . . ولا توجد إلا فى الصخور . . الكثرة الكاثرة من الحفريات ، توجد فى الصخور الرسوبية ، ولكن تحت ظروف معينة يمكن أن تحفظ حفريات فى صخور أخرى فمثلا الرماد المتساقط يمدنا بالعديد من النماذج جيدة الحفظ من الحفريات مثل طبعات أوراق الشجر وأجنحة الحشرات وبعض أنواع الأسماك . وقد تحتوى الصخور المتحولة ، التى لم تعان من عمليات تحول قاسية ، على حفريات كذلك ، مثلما وجد من حفريات فى صخور الإردواز (Slates) والفيللايت (Phyllites) وحتى فى صخور الشيست والنايس .

تسمية وتصنيف الحيوانات والنباتات :

تتوزع الأحياء على الأرض ما بين البشريات والحيوانات والنباتات . وتتنوع النباتات والحيوانات تنوعاً كبيراً يستلزم بعض الوسائل لتصنيف كل منها . ولابد أن يجمع النظام التصنيفى معاً ، كل الكائنات الحية المتشابهة ويفصلها دون غيرها ، مما تختلف عنه بحيث نجد فى الجزء العلوى من تصنيف الكائنات ، غالبية الكائنات قليلة التشابه ، بينما تحتوى الأقسام الدنيا ، الأعضاء من الكائنات التى تشيع فيها ذوات الخواص المشتركة ، وبذلك يكون فى أدنى أجزاء التقسيم ، الأفراد المتشابهة تماما . مثل ذاك التبويب للنبات والحيوان ، يسمى بعلم التوصيف (Taxonomy) وهو الذى يسمح لنا بتقسيم كل من المملكة الحيوانية والمملكة النباتية ، بحيث تتاح فرصة أفضل لدراستها، ودراسة علاقة كل منها بغيرها . .

فى التصنيفات الحيوية التى تستخدم عادة فى دراسة الحفريات ، كما هى لدراسة الأشكال التى لم تزل حية ، فإن أصغر وحدة فى التصنيف هى النوع (Species) وهو مسمى لمجموعة من الكائنات الحية تتميز بذات الصفات ، وتختلف عن مجمل الأنواع الأخرى على اتساع العالم . والمفترض هو أن أى عضوين اثنين من نفس النوع يمكنهما أن ينتجا نسلاً أو ذرية ، يكون فى مكنتها هى الأخرى من بعد ، إعادة الانتاج أو

التناسل ، بينما اعضاء نوعين مختلفين ، بغض النظر عن مدى قرب العلاقة بينها - لا يمكنهما أن يتناسلا أو ينجبان ذرية . ولكى يكون النظام التسموى مفيداً ، يجب أن يكون لكل نوع اسم مفرد خاص به ، يجعله بمنأى عن كل الأنواع الأخرى . مثل ذلك ، سوف يكون لاشك أمراً صعباً على التداول ، خاصة إذا ما أخذنا فى اعتبارنا أن هناك ما يزيد على ١,٦٠٠,٠٠٠ نوع من الحيوان والنبات معروفاً لنا اليوم . . سوف يكون ذلك ، أمراً معجزاً لامراء فى ذلك . من هنا ، فإن علماء الحياة ، وكذلك علماء الحفريات ، يستخدمون نظام الاسم المزدوج (Binomal Nomenclature) الذى ابتدعه فى عام ١٧٥٨ عالم طبيعى سويدى ، يدعى (Carl von Lime) ويستخدم اليوم عالميا بواسطة كل العلماء ، لوصف وتسمية كل من الكائنات الحية والمتأحفرة . نباتية كانت أم حيوانية .

ويتطلب نظام التسمية المزدوج هذا ، أن يتكون اسم كل نوع من الاسم الجنسى (Generic name) والاسم النوعى (Specific name) . وعند الكتابة ، يكتب كلا الاسمين بالأحرف الأفرنجية المائلة (Itialicized) بينما الحرف الأول من اسم الجنس يكتب بالبنط الكبير وبقية الأحرف بالبنط الصغير ، أو أن يوضع تحت الاسمين خط واضح . ويشتق كلا الإسمين من المعنى اللاتينى أو اليونانى (Greek or latin) وعادة يكون الاسم النوعى لفظة وصفية للكائن ، كما يمكن أن يكون باسم شخص أو مكان .

ويمكن تقسيم عالم العضويات إلى قسمين كبيرين ، هما نبات وحيوان . . يسميان بالمملكة النباتية والمملكة الحيوانية . ومرة أخرى تقسم تلك الممالك إلى قبائل (Phyla) وهذه إلى شعب (Classes) وهذه بدورها إلى رتب (Ordrs) ثم إلى عائلات (Families) ثم إلى أجناس (Genera) ثم إلى أنواع (Species) وفوق ذلك ، فإن كل تلك الأقسام يمكن أن تنشعب مرة أخرى ، إلى أشباه جنسية أو نوعية (Subgroubs, Subspecies) أو أن تتجمع مع بعضها فى مجاميع أعلى مثل (Supergenera, Superfamilies) . وهذا التجميع إلى أعلى أو الانشعاب إلى أسفل (-Super-, Sub) ليس شائع الاستعمال على أى حال من الأحوال .

. . وعلى ذلك ، فنحن نرى أن هذا النظام التصنيفى ، هو نظام روحى تشترك فيه أفراد كل مجموعة أدنى فى صفات كثيرة ، عما هو عليه الحال فى أعضاء أو أفراد

المجموعة الأعلى التالية . وفى الجدول التالى مقارنة بين البشريات والكلاب ؛ وكليهما ينتمى إلى المملكة الحيوانية :

الوحدةالتصنيفية		البشريات		(Mammalia) الكلاب	
المملكة	(Kingdom)	الحيوانية	(Animalia)	الحيوانية	(Animalia)
قبيلة	(Phylum)	الحبليات	(Chordata)	الحبليات	(Chordata)
شعبة	(Class)	الثدييات	(Mammalia)	الثدييات	(Mammalı)
رتبة	(Order)	الرئيسيات	(Primates)	اللواحم	(Carnivora)
عائلة	(Family)	الآدميات	(Hominidae)	الكلبيات	(Canidae)
جنس	(Genus)	البشريات	(Homo)	الكلاب	(Canis)
النوع	(Species)	الانسان العاقل	(Homom Sa-pieas)	الكلب الأليف	(Camis Fami-laris)

مما سبق ، يتبين أن الانسان والكلب كليهما ينتميان إلى قبيلة الحبليات التى تنتظم كل الحيوانات التى لها حبل شوكى (Spinal Cord) وهما معا ضمن رتبة الثدييات التى تشمل كل الحيوانات ذوات الدم الحار ، والغدد اللبنية (Mamary glands) والشعر يكسو أجسادها . وإلى هذا الحد فالكلاب والبشريات فى ذات الموقع من التصنيف بما لهما من صفات على نحو ما ذكرنا . وعند مستوى الرتبة ، فإن الصفات المميزة لكل ، تكون على درجة من التخصص تسمح بالتفرقة تماماً . فالكلاب تنتمى إلى اللواحم (تشمل أيضا القطط) بينما تنتمى البشريات إلى الرئيسيات (تشمل أيضا الشمبانزى والقرود) . عند تلك النقطة ، لم يعد بين الكلاب والبشر أية خواص مشتركة وافترقا كل فى طريق . ويعمُق الخلاف عند المستويات الأخرى (العائلة والجنس والنوع) . وعند النوع فإن كل الأفراد فى اطار كل جنس يكون لها نفس الخواص الحيوية المشتركة والعامة . ومن الواضح أن هناك فروقاً فيما بين البشر والكلاب ، هى فى مجموعها لا تعدو أن تكون تنوعاً فى الخواص والصفات مثل الطول والوزن والارتفاع أو شكل الأنوف والآذان ، إلخ ، ونؤكد هنا أن تلك فروقا شكلية ، وتبقى الفروق الجوهرية بما منح الإله للإنسان من عقل ، وفضله على كل من خلق تفضيلاً ، وأراد أن يحمل أمانته بعدما أبتها الجبال والسموات . . ولقد يحدث أن يكون هناك اسم لشخص ما أو تاريخ بعد اسم النوع فى المملكة النباتية أو الحيوانبة . . وإن حدث فذاك لا شك اسم المكتشف الأول للكائن وتاريخ كشفه .

استخدام التقسيم التصنيفى فى تعريف الحفريات

كما رأينا سلفاً ، فإن كلا من المملكة النباتية والحيوانية ، تنقسم إلى أقسام تعكس درجات التشابه فيما بينها جميعا . وعند تعريف الحفرية ، فعلى من عثر عليها أن يحدد أولاً ، القبيلة ، والشعبة التى تنتمى إليها العينة . وليس هذا على اطلاقة من الأمور العسيرة لأنه ليس هناك العديد من المجاميع التى يختار من بينها وإنما هى أقسام كبيرة بأعداد محدودة ، وفيما عدا بعض العينات غير العادية ، فأن الدارس سرعان ما يكتسب خبرة تحديد نوعية العينة . من هنا ، فإن ما يتبقى لاستكمال تعريف العينة تفصيلاً هو النزول بها إلى اسم الجنس والنوع الصحيحين . ويتم ذلك عادة بالاستعانة بكتاب متخصص عن الحفريات بشكل عام ، أو أن يكون التخصص إقليمياً مثلاً ، بمعنى أن يكون كتاب حفريات متخصص فى منطقة ما بعينها . . كذلك قد يُستفاد بالرسائل الجامعية لدرجات الماجستير أو الدكتوراه ، التى تُعد على مناطق محددة تدرس فيها التتابعات الصخرية والحيوية ومفردات الحفريات المتنوعة* ، حيث تحدد الدراسة الخواص والصفات للحفريات موضوع الدراسة ، خارجياً وتشريحياً ، موضحة بالصور والرسوم .

. . والآن ، لنفرض انك جمعت بعض العينات الحفرية ، فما هى الخطوات التى ستتخذ للتعرف عليها ؟

بادىء ذى بدء ، يجب أن تطلع على كتب وبحوث* ، تتحدث عن مجمل الحفريات فى منطقة دراستك ، وهو ما يوجد عادة فى مكتبات جامعة الإقليم ، أو الهيئة المصرية العامة للمساحة الجيولوجية ، أو معهد الصحراء . . الخ . وقبل محاولة تسمية ما جمعت من حفريات ، عليك أن تصنف كل قبيلة منها على حدة ، ثم تنزل بذاك التصنيف إلى الأقسام الأدنى ، حتى تكون حفريات كل قسم هى ذواتها تماما ، وقد تنتمى إلى نفس النوع . وهناك فوارق شكلية واضحة ، تؤخذ معياراً للتفرقة بين نوع وآخر . من ذلك

---

* مثال على ذلك :

رسالة الماجستير للسيد محمد كمال البشناوى بكلية العلوم بينها وموضوعها : دراسات بيوستراجرافية وبيئات قديمة لصخور الفترة ما بين نهاية العصر الطباشيرى ، وبداية الحقب الثالث للمنطقة الواقعة بين وادى طيبة ووادى فيران ، غرب وسط سيناء ، مصر ـ (١٩٩٠) فى ٢١٠ ص .

مثلاً ، عدد الضلوع فى طائفة المرجانيات (Prachiopods) أو ترتيب الأسنان فى المحاريات (Pelecypods) . وصفات أخرى مثل الحجم واللون ، لا تُعد من الأهمية بمكان في تصنيف غالبية الأنواع . وبالخبرة وبالاستعانة بالمراجع المتخصصة فى تعريف وتحديد الحفريات ، يستطيع الدارس المبتدىء أن يتعرف على الخصائص الأهم فى ذاك المجال ، خاصة بمقارنة ما يجد ، بما فى الكتب من رسوم وصور . وإذا ما ظهر أن هناك العديد منها مما يتشابه مع ما معك من حفرية ، فعليك أن تقرأ الأوصاف جيداً ، مع ملاحظة وحدات التقسيم التصنيفى التى تنتمى إليها كل حفرية . وتذكَّر أنك دائما تأخذ سبيل التعميم ، وصولا إلى التخصيص ، فى تصنيف الكائنات ، ثم التعرف الدقيق على عينتك . وكلما ازداد المرء خبرة فى ذلك ، كلما كان أكثر التصاقاً بالعديد من الكتب والدوريات والرسائل المتنوعة ، التى تكون ذات نفع كبير فى ذاك المضمار . .

. . إنه بمقارنة الأحياء التى كانت تعيش فى زمان جيولوجى بعينه ، مع ما يسود فى حاضر الناس ، ومع كائنات أخر ، عبر كل العصور ومنذ بداية الحياة . . يحصل الباحثون على عمر الأرض ونشأة الحياة . . وقد قدرت بدايات الحياة بنحو ثلاثة بلايين ونصف البليون سنة تقريباً . وعادة ، فإذا ما كانت ظروف حفظ الكائن أو بقاياه بعد موته جيدة ، تكون هناك حفريات جيدة . . وإن يكن ذلك نادراً . . سبب الندرة أن غالبية النباتات والحيوانات ، تموت أو تهلك فى ظروف غير مواتية ولا مناسبة للتأحفر ، كذلك فإنه بصرف النظر عن البيئة التى يحيا فيها الكائن ، فعادة ما تكون هناك عوامل إضافية أخرى ، تعمل باتجاه مضاد لأن تحفظ لتلك الكائنات حفريات . من أول تلك العوامل ، بمجرد موت الكائن ، يهاجم عادة بالمفترسات والنواهب من الحيوان ، والتى لا تكتفى باتلاف أو التهام لحوم تلك الكائنات ، ولكن أيضا فقد تبعثر عظامها بدداً . عندها ، فإن أية أشلاء للكائن سوف تتعرض للبكتريا التى تعجل بالفناء الكامل ، ومن ثم اختفاء كل أثر . . عامل ثان ، هو أن الأجزاء الصلبة للكائن ، إن وجدت ، فقد تغدو عرضة للإتلاف الميكانيكى ، مثلما قد يحدث عند نقل تلك المتبقيات من مكان إلى مكان بعوامل النقل الطبيعية ، كالمياه والرياح ، أو على الأقل بريها وحتها بالرواسب الفتاتية المنقولة معها بوسائط النقل تلك . وقد يحدث هذا بالطبيعة على اليابسة أو فى الماء . . وعامل ثالث ، يتمثل فى أنه حتى لو قاوم كائن ما ، عوامل الإتلاف الطبيعية تلك ، وأتيحت الفرصة للدفن السريع بعد الهلاك ، فإن عوامل الإتلاف الكيميائية ،

كالإذابة مثلاً ، قد تبقى حائلاً دون التأحفر الكامل . كل تلك العوامل تعكس ندرة تكوُّن حفرية مرشدة ، وأنه يعتبر من حسن الحظ أن يتحول أى كائن عاش يوما ما ، إلى حفرية .. بله حفرية مرشدة ..

ونستطيع أن نقرر الآن ، أنه أمسى واضحاً أن الكائنات التى تمتلك أجزاء صلبة فى مكونات بدنها أو هيكلها ، والتى تكون قد دفنت سريعاً ، تكون لديها أفضل الفرص للتأحفر . ولنا أن نتساءل الآن ، من أى من المواد تتخذ الكائنات أصدافها وعظامها وأسنانها ، وغير ذلك من الأجزاء الصلبة التى يمكن أن تتأحفر من بعد موت أو هلاك ؟ وبرغم التنوع العظيم فى الحياة ، فإن قلة من المواد فقط هى التى تكون الأجزاء الصلبة فى الكائنات بعامة . وهى من حيث الوفرة تترتب على النحو التالى :

١ــ كربونات الكالسيوم (Calcium Carbonate) : يُعتبر الكالسايت والأراجونايت معدنين شائعين لهما ذات التركيب الكيميائى ، ولكن يختلفان فى الترتيب الذرى لتلك المكونات . وتتواجد مثل تلك الذرات فى مياه البحر ، وتستخدمها كثرة من اللافقاريات البحرية فى بناء أصدافها . وبسبب أن معدن الأراجونايت قابل للتجوية والتغير ، أسرع من معدن الكالسايت ، فإن حفريات اللافقاريات الحيوانية التى استخدمت الأرجوانايت ، لا تُحفظ بنفس وبذات الجودة التى تحفظ بها ، حفريات الكائنات التى استخدمت الكالسايت فى ذاك الغرض . ولقد ثبت أن أنواع ثلاثة عشرة قبيلة (phyla) من اللافقاريات ، تستخدم الكالسايت ، بينما أنواع حوالى أربعة قبائل لا فقارية فقط ، تستخدم معدن الأراجونايت .

٢ ــ السيليكا (SiO_2) : تستخدم تلك المادة بواسطة أعضاء ثلاثة مجاميع مختلفة فقط هى : الدياتومات (Diatoms) والراديولاريات (Radiolarians) وقليل من الإسفنجيات (Sponges) وتعتبر السيليكا من أكثر المواد مقاومة للفناء والتحلل والتلف ، ومن ثَم فحفرياتها جيدة الحفظ .

٣ ــ فوسفات الكالسيوم (Calcium Phosphate) : ويعتبر هذا المركب الكيميائى هو المادة الأساسية التى تستخدمه كائنات مثل المرجانيات وذوات الفصوص الثلاثة

(Inarticulate Brachipods and Trilobites) لبناء الجزء الصلب فى أجسامها . كذلك فهى المادة التى تنبنى منها الأسنان والعظام فى غالبية من الكائنات .

٤ ـ المادة العضوية (Organic Matter) وتتضمن العديد من المركبات العضوية المعقدة ، مثل السيلولوز والكيوتين واللجنين (Cellulose, Cutein, Lignin) . . وغيرها من المواد التى تستخدم عادة بواسطة النبات ، وتدخل فى تركيبه . وهى فى جملتها مواد لا تحفظ عادة فى سجل الصخور كحفريات ، إلا على شكل أغشية كربونية بما يشبه الطبعات .

. . واضح مما سبق أن أهم الحفريات وأحسنها حفظاً ، ما كانت عن كائنات بحرية . . والكائنات البحرية لكى تبنى ما صلب من هيكلها . تستخلص المواد المذكورة آنفاً من ماء البحر . . فمن أين جاءته تلك المواد . . ولا يسعنا هنا إلا أن نقول سبحان الله العظيم ، ونحن نتأمل قدرة الخالق جل وعلا . . فالعناصر أساساً دخلت المطبخ الكبير ـ حرارة باطن الأرض ـ لتصير المعادن بشقيها ، العنصرى منها والمركب والفلزى واللافلزى . وهذه جميعها تبلورت أو لم تتبلور ، لتصير صخوراً ، هى قشرة الأرض فى مجملها . تتعرض بعد ذلك قشرة الأرض لتأثيرات الغلاف الجوى الذى يغلفها ، والغلاف المائى الذى يحيط بغالبيتها ، وفى دوراته المختلفات . . من مراحل الدورة المائية ، تسّاقط الأمطار ، التى تكون سيولاً تذيب وتجرف معها العديد من معادن القشرة . تحمل السيول معها ما ذاب ، وما علق ، متغيراً وغير متغير . . لترسبه فى أماكن مختلفة من سطح الأرض بحسب الأوزان . . غاية كل ماء جارٍ على سطح الأرض ، هو البحر والمحيط يبلغه الماء الجارى بما حمل من دقيق وذائب الحبيبات والمعادن . فى البحر ، تعيش كائنات دقيقة هائمة ، قد تعجز عين الانسان عن تأملها . . ومع ذلك فقد حباها الرحمن بقدرة لم يبلغها الانسان . . تتمثل تلك القدرة فى استخلاص ما ذاب وما علق بالماء من عناصر أو معادن ذائبة ، لتبنى بها ما صلب من أعوادها وهياكلها . . وتعود تلك الكائنات لتموت ، فتتجمع من البقايا تركيزات معدنية ، ما كان الانسان ببالغها لولا تلك الكائنات فى ماء البحر . . ومرة أخرى سبحان ربى العظيم . .

طرق حفظ الحفريات : (Preservation)

إن هناك العديد من الطرق التى تُحفظ بها الكائنات ، أو بقاياها لتكون بعد موت ، حفرية ، ونورد فيما يلى بعضا منها :

أولا : الحفظ دون تغير : إن عملية التأحفر التى تحفظ فيها المادة الأصلية دون أى تغير ظاهر (Preservation without alteration) تعتبر أكثر وسائل الحفظ شيوعا فى اللافقاريات البحرية (كائنات ليس لها عموداً فقرياً) . ونذكر هنا أن الكائنات التى لديها أفضل الفرص لكى تتأحفر ، هى التى امتلكت وتمتلك أجزاء صلبة ، ويتم دفنها سريعاً بعد الموت . وتلك هى عادة ، الظروف التى تتوفر للكائنات اللافقارية التى تعيش وتموت ، فى المحيطات . فالمحيطات تزخر بالحيوان ، ثم هى تستقبل رواسب من اليابسة . . وذاك كله يقدم أفضل الفرص ليتم التأحفر بشكل عام . ومن ثم ، فالكائنات البحرية لديها أفضل الفرص لكى تحفظ من بعد موت ، بجانب أن أصدافها هى كذلك تحفظ دون أن يطرأ عليها تغير ملحوظ . ولكن ماذا عن الحيوان والنبات على اليابسة ؟ وكيف يحفظ ؟ وكما قد يتبادر إلى الذهن ، فإن البعض منها قد يتأحفر تماما كأشباهها من الكائنات البحرية . وكل ما يلزم عندئذ ، هو ظروف مناسبة لذاك الحفظ . مثل تلك الظروف تتواجد فى بعض البحيرات ، أو حتى فى قلة من الأنهار والقنوات ، ولكن بشكل عام ، فذاك أمر نادر لغالبية نبات وحيوان اليابسة . وفى غير مثل تلك الحالات ، فإن هناك ثلاثة طرق ، تشد الانتباه فى حفظ حيوان الأرض ونباتها ، حفظاً كاملًا ، وإن يكن نادراً ، تلك هى :

أ ـ التصمغ (Amberization) وهو يمدنا بمعلومات عن الحشرات والحياة النباتية فى الأمس البعيد . فحين يتهرأ لحاء بعض الأشجار (Bark) وبخاصة فى بعض الصنوبريات (Conifers) ، فإن مادة صمغية سميكة لزجة تنساب فى بطء خارج تلك الجروح . مثل تلك المادة ، تعمل كمصيدة للكثير من الحشرات الزاحفة والطائرة ، وكذلك لما تحمله الرياح والبذور ، وتويجات الزهور ، وما إليها جميعاً . فالحشرة على سبيل المثال ، تلتصق بالمادة الصمغية المنسابة من جروح اللحاء ، وشيئاً فشيئاً ، قد تغوص فيها حتى تُطمر تماماً حين ينساب المزيد من تلك المادة الصمغية فوقها وحولها . وتحت ظروف

خاصة ومناسبة ، قد تُحفظ تلك المادة الصمغية . بما حوت ، فى بعض نوعيات الرواسب ومن ثم ، تتحول إلى عنبر (Amber) . وربما كان أفضل ما عُرف من أنواع رواسب العنبر ، هى تلك المكتشفة فى منطقة البلطيق الأوربية . فالحشرات التى عاشت إبان عصر الإيوسين (Eocene) منذ نحو خمسين مليون سنة ، يوجد منها ما هو محفوظ فيما يسمى برواسب العنبر (Amber Deposits) . وتتضح دقة الحفظ من تواجد أشياء أو أجزاء ، مثل الأجنحة ، وقرون الاستشعار ، والشعر ، والأنسجة العضلية . . حتى أنه يوجد سجل كامل للعنكبوت الحريرى محفوظاً داخل تلك المادة . ولقد مكّنت ظاهرة التصمغ تلك ، كثرة من علماء الحفريات من دراسة عالم الحشرات فى الماضى البعيد (الجيولوجى) ، وأن يتتبعوا التاريخ التطورى للعديد من الحشرات . ويجدر أن نشير هنا ، إلى أن الحشرة حين تقع فى تلك المادة الصمغية ، فلسوف ـ بالطبيعة ـ تناضل ما استطاعت ـ بحكم حُب الحياة عند كل حى ـ من أجل الخروج من ذاك المأزق ، والفكاك من أسره بالضرورة . وفى كثير من الأحيان تتسبب تلك المقاومة والحركة فى وجود بعض فقاعات الهواء ، وبعض الخدوش التى تتبدى للناظر داخل المادة الصمغية ، جنبا إلى جنب ، مع بعض الشوائب من تراب أو بقايا نباتات احتوتها تلك المصيدة مع الحشرات .

ب ـ السقوط فى القار (الأسفلت) (Impregnation by tar or asphalt) وهى واحدة من الطرق غير العادية لحفظ الكائن كاملا ، وحتى بدون تغير . فحُفر القار فى كاليفورنيا مثلا (La Brea Tar pits) توجد منذ عصر البليوستوسين (Pleistocene) . وقد أمدت علماء الحياة القديمة بتقرير مدهش عن الحياة القديمة فى منطقة شبه جافة (Semiarid) إبان الزمان الذى سادت فيه المثالج (فى العصور الجليدية) وغطت الأجزاء الشمالية من القارة الأمريكية . فى منطقة الحُفر القارية تلك ، قامت الشقوق والكسور فى قشرة الأرض بعمل ممرات لمادة الزيت الخام الثقيل ، وأتاحت لها الفرصة للخروج على السطح ، حيث كونت ما يشبه البحيرات والحفر الصغيرة ، المملوءة بالقار ، والتى تغطت من بعد بالماء لسبب أو لآخر . وجاء ـ فى ذاك الزمان ـ العديد من الطير والحيوان الذى كان ، ليشرب أو يستحم ، فوقع فى المصيدة ما وقع ، وغاص فى القار والزيت الثقيل ونعتقد بأن الحدوتة هنا لا تحتاج إلى مزيد من تفصيل ، فالنضال من أجل البقاء

لابد كان . وهى إذ فعلت ، فقد جذبت انتباه آكلات اللحوم والمفترس من الحيوان ، والتى يوقعها طمعها أو فضولها هى الأخرى فى مصيدة الزيت الخام واللزج ، ولثقل أوزانها فقد غاصت حتى القاع تواً ، حيث فسدت لحومها وعظامها وتشبعت بمادة الزيت حيث قُبرت فيه . من هنا يمكن القول ، بأن قطاعاً كبيراً من حيوان المنطقة ، حول حُفر القار فى كاليفورنيا ، بما فيه الأفيال والجمال والخيل والحمير والذئاب والطيور ، وحتى الحشرات وغيرها ، قد حُفظ ليحكى قصة ما انقرض ـ منذ ما يقرب من عشرة آلاف سنة ـ فحفرياته فى السجل محفوظة . وبدون تلك الطريقة النادرة للحفظ والتأحفر ، ما كان بوسع الانسان اليوم أن يحصل على مثل ذاك السجل الكامل للحياة فى ذاك الزمان والمكان . .

جـ ـ التجمد فى الجليد (Freezing in Ice) . وهو ثالث الطرق وأندرها للتأحفر والحفظ الكامل . وقد أمدتنا هذه الطريقة بجلد ولحم وشعر ، بل وحتى بمحتويات معدة حيوان الماموث الصوفى (Woolly Mammoth) . وهو حيوان الصناجة البائد من أسلاف الفيلة والذى كان يتجول ويعيش منذ نحو مائة ألف سنة إلى عشرة آلاف سنة مضت فى سهول سيبيريا وآلاسكا المتجمدة ، وتلك البهيمة ، إما أن تكون قد سقطت فى بحيرة شديدة البرودة ، ثم تجمد الماء من حولها ، أو أن تكون قد سقطت فى صدع أو أخدود فى نهر جليدى ، ثم غطتها الثلوج فوراً . . وفى حالة من تلك الحالات ، تجمد حيوان الماموث بسرعة ، حتى أن ملء فمه من طعامه وجد محفوظاً على حاله ، ولم يتم مضغه بعد . ولقد كان أول تسجيل لبهيمة ماموث فى دلتا نهر لينا (Lena River Delta) بسيبيريا فى عامى١٧٩٩ . ومنذ ذاك الكشف الأول ، فقد أضيف نحو خمسين كشفاً آخر لبهائم من ذات النوع ، ولقد حفظت لحومها حفظاً جيداً جداً ، حتى أن الكواسر والكلاب ، حين ألقيت لحومها لها ، أقبلت من توها على التهامها . . وأكثر ما شد الانتباه فى تلك الاكتشافات الماموثية ، هو صغير لها قدر عمره حتى اليوم بنحو ٤٤ ألف سنة ، وجد محفوظاً بجودة عالية وهيئة كاملة وسليمة فى الشمال الشرقى من منطقة سيبريا . . والغريب أن دم تلك البهيمة الأحمر ـ وهو أول دم يتأحفر ـ أدخل إلى المعمل وأمكن تحليله كاملا . .

ثانيا ـ الحفظ مع التغير (Preservation with Alteration)

إن هناك العديد من طرق حفظ الحفريات التى تتغير فيها المادة الأصلية للكائن ، ومن شأن تلك الطرق أن تزيد من فرص التأحفر بشكل عام . وأول أنواع هاتيك الطرق التغيرية ، هى ظاهرة التحجر (Petrification) . وهذه كلمة اشتقت من الأصل اليونانى (Pertros) التى تعنى الحجر ، ومن ثم فالتحجر هو تغير مادة الكائن إلى مادة حجرية . ويتم هذا التغير ـ أو إن شئنا الدقة ـ التحجر ، إذا ما ترسبت مادة ثانوية فى مسام وفتحات الكائن ، أو حلّت محل مادته الأصلية بعد هلاكه . وذاك أمر يتم عبر سُبل ثلاثة ، تتميز كل منها عن سواها وتختلف فى مُسمّاها ، فنجد :

ـ التمعدن (Permineralization) ويحدث هذا عندما تكون هناك عملية معدنة أو تمعدن (Mineralization) للأجزاء الصلبة فى الكائن . . وهى عملية إحلال حفرى للمكونات العضوية أو إضافة مواد غير عضوية إلى جسم ما ، أو هى عملية التخلل أو التزود بالمعدن أو العمل على تكونه . . وعادة يتم ذلك بملء المسام أو المسافات الفارغة فى صدفة أو عظمة كائن . . وأفضل المعادن فى ذلك المرو (SiO_2) . وتعمل عملية التمعدن تلك على حفظ البناء التركيبى الشامل للكائن ، وربما دون تفصيل دقيق . وتفضل تلك العملية ، سواها ، فى حفظ بقايا كائنات ، ما كانت لتحفظ أبداً . وإضافة إلى ذلك ، فإنه ينتج عن تلك العملية قوة تماسك مكونات الكائن . ويعتبر الخشب المتحجر ـ مثلما فى مناطق المعادى وطريق الواحات وغيرها فى مصر ، نماذج رائعة لتلك العمليات التمعدنية ، أو هو التأحفر بتحجر بقايا الكائنات . .

ـ الإحلال (Histometabsis or Replacement) : وهى عملية يتم فيها الإحلال لمادة الكائن حجماً بذات الحجم ، من معدن ثانوى ، حتى يتم التأحفر ، مع الحفاظ على كافة تفصيلات التراكيب الخلوية الدقيقة . وكما فى حالة التمعدن السابق الحديث عنها ، فإن المعادن الثانوية المالئة أو الحالّة محلّ غيرها ، إنما تُستخلص من المياه الجوفية المشبعة ، إبان تخللها للرواسب المحتوية ، أو المقبرة ، لتلك الكائنات الهالكة . ومن المتفق عليه الآن ، أن هناك ما يزيد على الخمسين معدناً ، قد رُصدت وعرف أنها قابلة للإحلال محل المادة العضوية الأصلية فى نبات أو حيوان . . إلا أن أكثر تلك المواد شيوعاً ، هو

المرو . وقد وجدت حفريات مسرجانية (Brachiopods) حلّ المرو فيها محل مادتها الأصلية ، وهى الكالسايت ، فكان تركيبها الخارجى رائع التفاصيل . وربما كانت الحفريات الحشرية السيليسية التى عُثر عليها فى جنوب جبال كاليفورنيا ، ويرجع عمرها إلى عصر الميوسين . . نقول ربما كانت أفضل النماذج المعروفة لعمليات الإحلال . وتتواجد تلك الحشرات فى منعقدات كلسية ، وهذه بدورها حين تعالج . بحامض الأيدروكلوريك المخفف ، فإنها تذوب كلية فيما عدا حفريات الحشرات السيليسية بكل تفاصيلها . ولقد مكنت هذه الرواسب غير العادية ، علماء الحياة القديمة من التعرف على عالم الحشرات فى عصر الميوسين . ويلى معدن المرو أهمية فى المعادن الإحلالية ، الكالسايت والدولومايت والبيرايت والهيماتايت والليمونايت والجلوكونايت . ويكمن الفرق الأساسى فى الفصل بين طريقتى التمعدن والإحلال ، فى أنه فى الحالة الأولى يبقى الهيكل العام كما هو ، بينما فى الثانية يبقى الهيكل العام وتفصيلاته كذلك .

ـ التشكل الكاذب (False Formation or Pseudomorphism) : وذاك هو ثالث السبل إلى التحجر ، وهو يحدث عندما تفسد أو تتحلل المادة الأصلية للكائن ، أو تُزال كلية لسبب أو لآخر ، تاركة مكانها ما يشبه القالب (Mold) والذى يُملأ من بعد ، بمادة معدنية ، غالباً ما تكون من المرو . والنتيجة ، هى حفرية تشبه تمام الشبه ما كان من كائن ، فى ظاهرها ، بينما داخلها يخلو تماماً من أية مادة عضوية . . إنها قوالب خارجية وفقط . وقد عُثر على تشكيلات بنائية كاذبة فى الطفوح البركانية ، فى خلجان المحيط الباسفيكى ، حيث تداخلت النباتات فى الطفوح ، ثم طُمرت فيها فاحترقت تماماً ، تاركة قالبا لشكلها الخارجى ، مُلىء من بعد بالمرو ، فكان حفرية ، وإن تكن كاذبة . .

ـ التفحم (Carbonization) وهذا نوع آخر من أنواع الحفظ بالتغيير ، وإن لم يبلغ مبلغ التحجر فى أهميته . . وينتج التفحم حين تدفن كائنات نباتية أو حيوانية لحمية تماماً فى رواسب أو حتى فى متكسرات دقيقة الحبيبات . عندها ، ستخرج المكونات المتطايرة الناتجة عن تعفن وتحلل الأجزاء اللحمية الطرية إبان الدفن ، تاركة فقط مجرد غشاء كربونى رقيق ، ينبىء عن سابق وجود الكائن الأصلى . وتلك هى أكثر السبل شيوعاً فى تأحفر النباتات ، وهى تمدنا كذلك بمعلومات عن الكائنات اللحمية عديمة الأجزاء الصلبة فى هياكلها ، مثل الديدان والأسماك الهلامية ، والتى ما كانت لتُحفظ أو تتأحفر

بسبب انعدام المادة الصلبة فيها . أفضل النماذج لذلك النوع من طرق التأحفر ، هي التي عُثر عليها في الطفل في كندا .

ـ إعادة التبلور (Recrystallization) ويحدث ذلك عندما تتعرض مادة صدفة ما مثلا ، لظروف تؤدي إلى تغيير في التركيب البلوري ذاته . وعملية إعادة التبلور تؤدي عادة إلى طمس وإخفاء تفاصيل كثيرة من الكائن الذي كان ، ويحدث ذلك غالباً عندما يتحول الحجر الجيري إلى آخر دولوي ، أو أن يعاد تبلور الحجر الجيري إلى حجر جيري ما بعدي (Diagenetic Limestone) .

ثالثا : آثار أو شواهد تدل على سابق وجود كائنات حية (Evidences of Organisms) :

يجب أن نتذكر هنا أن الحفرية هي ذاتها شاهد ، أو هي بقية من حيوان أو نبات سادبوما ثم باد . . ولقد ناقشنا الطرق المختلفة التي يمكن أن يحفظ أو يتأحفر بها كائن . والآن سنصف بعض السبل التي قد يجد بها الدارس ، شاهداً على سابق وجود كائن ، دون العثور على أي من أجزائه الأساسية محفوظاً أو متأحفراً . . فنجد :

القالب (Mold) وهو الطبعة التي يتركها نبات أو حيوان فوق صخرة ما . فإذا ما كانت الطبعة لسطح الكائن الخارجي ، يُشار إليها بالقالب الخارجي (External) أما إذا ما عكست الشكل الداخلي فهي عندئذ قالب داخلي (Internal mold) أما ملء مكان تلك الطبعة على الصخر ، فهو النموذج (Cast) وينتج حين يمتلىء فراغ الطبعة ، فيعطي نموذجاً موجباً ثلاثي الأبعاد للتركيب الأصلي . بعض تلك النماذج يكون من صنع الطبيعة البحتة ، بينما قد يصنع الانسان نماذج للحفريات باستخدام عجينة باريس أو خلافها (Plaster of Paris) وتسمى أحيانا بالجبس الفارسي . ولا يخفى أن صناعة نماذج صناعية دقيقة ، يعد مهارة يمارسها كثير من المتخصصين في علوم الحياة القديمة ، والمتاحف . . وعادة تقابل دارسو الحفريات كثرة من تلك القوالب والنماذج ، وبخاصة في اللافقاريات . وهي مفيدة أيضا في دراسة حافظات المخ عند بعض الفقاريات . فمثل تلك الحافظات المخية ، تعد قوالب حقيقية طبيعية تملأ ، إما طبيعياً بواسطة الرواسب أو صناعيا بمواد مطاطية . ومن دراسة تلك النماذج المُخية ، يستطيع الدارس

أن يرصد أموراً هامة كالزيادة فى حجم المخ عند العديد مما انقرض من حيوان ، ثم يعوّل من بعد على ربط ذلك بدرجات الذكاء بأنواعه عبر الماضى الجيولوجى . أو أن يستطيع الدارس أن يحدد متى ظهرت قدرة البشريات على الكلام ، أو ما إذا كانت أنواع البتيروسورس (Peterosaurs) (وهى من الزواحف الطيّارة) من ذوات الدم الحار أم لا . .

وعلى عكس القالب والنموذج ، فإن بعض الشواهد الحفرية لا تمثل مباشرة أيا من الأجزاء الأصلية للكائن . فمثلا تترك كثرة من الحيوانات شواهد على تواجدها فى شكل آثار (للمجاز أو السبيل أو المسلك) (Tracks) أو آثار للرائحة أو سلوك المعيشة (Tails) أو حفر حفيرات أو أنفاق (Burrows) أو ما يُنقر أو يحفر (Borings) . مثل تلك الشواهد تدلنا على الكثير من صفات وعادات الكائن . . كيف كان يتحرك ؟ وكيف كان سلوكه الغذائى ؟ فأثر المجاز هو طبعة القدم تصنعها الحيوانات إذ تتحرك أو تمشى على رواسب لينة ، وحين تتماسك يمكن من بعد ، قصّها . والأثر أيضا يلقى الضوء على طريقة الحركة ، ومدى السرعة ، وطول الأطراف ، بله الكائن ذاته ووزنه الذى قد يشى الأثر به . . بل أنه مما يجدر ذكره هنا أن وقع الأقدام المتأحفر (Fossil Footprint) قد استخدم للتأريخ للزمان الذى انتصبت فيه لأول مرة بعض الكائنات ، حين اعتدلت مشيتها من فوق أربع إلى فوق اثنتين . . ولقد كانت العلاقة البارزة فى طبعات القدم المتأحفرة فى ذاك الشأن فوق رواسب الرماد البركانى فى تنزانيا بأفريقيا ، حيث يُظن وجود الإنسان الأول ، وقدرت إشعاعياً بمدى زمنى يبلغ من ٣,٥ إلى ٣,٨ مليون سنة مضت . وأما آثار المعيشة ، فهى الطبعات التى تتركها الكائنات الدابة زحفاً (الزاحفة) ، فهى كالأثر سواء بسواء ، تخبرنا غالباً بشىء ما عن الطريقة التى يتحرك بها الحيوان ، أو عن الكيفية التى ينال بها غذاءه وتتكيف حياته . وأما الأنفاق فهى الأثر الذى يتركه الحيوان إذ يتحرك خلال الرواسب . مثل تلك الفجوات ، قد تكون فجوات غذائية بحثاً عن الغذاء (Feeding Burrows) أو أن تكون سكناً ومستقراً (Dewelling Burruws) . ولقد وجد أن غالبية تلك المآوى تشكل تقريباً زوايا قائمة مع مستويات التطبق (Bdding planes) . وأما الحُفر أو النُقر ، فهى عبارة عن ثقوب تصنعها أنواع من الكائنات فى الصخور أو ما عداها من المواد المتماسكة ، بغرض الإيواء إليها أو بحثا فيها عما يؤكل ،

فمثلاً الكثير من الحيوانات التى تلتصق بالصخور مثل اللواصق (Clams) تحفر فى الصخور ثم تلصق أجسادها . . بجوانب تلك الحفر لتقضى بقية حياتها هناك . كذلك فإن بعض الكائنات الحيوانية ، مثل الحلزون المفترس (الرخويات البطنية الأرجل) ، يحفر حفراً جيدة الاستدارة فى أصداف بعض الكائنات ، ثم يحقن خلال ذاك الثقب مادة سامة ، تتسبب فى ارتخاء العضلات القابضة للصدفة ، فتنفتح ، فيكون ما بداخلها غذاء شهياً . . ولكن مثل تلك الثقوب فى الأصداف ، سوف تحكى للدارس اليوم عما كان بالأمس ، وقصة الأمس ذاته . مثل تلك الآثار فى مجموعها ، يُشار إليها بأنها حفريات أثرية (Trace Fossils) ولها لاشك دورها البالغ فى المعاونة على التعرف على المناشط الحيوية فى ماضى الزمان . .

ويمكننا أن نضيف هنا نوعاً آخر من تلك الشواهد على النشاط الحيوانى ، ألا وهى الفضلات (Coprolites) أو البراز المتأحفر (Fossilized feces) . وهذه أيضا يكون فى مكنتها أن تضيف لمعلومات الدارسين عن الحيوانات التى أفرزتها ، ولقد عُثر على الكثير من تلك الأشياء بجانب الحيوانات التى أفرزتها ، وبذلك فهى تشكل معلومة لها قيمتها عن عادات الوجبات الغذائية ، حجماً وشكلاً ونوعاً عند تلك الحيوانات . وتعتبر الحصوات أو حشوات الأمعاء (Gastroliths) شاهداً آخر من شواهد المناشط الحيوية عند البهائم . وتلك هى قطع من الأحجار جيدة الصقل كانت تتواجد فى منطقة المعدة عند الديناصورات وبعض الزواحف البحرية المنقرضة . ويُعتقد أن تلك الزواحف كانت تبتلع بعض الحصى ليكون بمثابة الرحى التى تساعد على طحن الطعام داخل ممرات معدة الحيوان . . ومع طول استعمالها ، تُصقل سطوحها .

الحفريات الكاذبة (Pseudofossils) :

بداءة ، يجب أن نعيد هنا التأكيد ثانية على أن الحفرية (الصادقة فى مضمونها العلمى السليم) ، يجب أن تكون إما بقايا ، أو شواهد ، لنشاط حيوى ، بينما ستكون

الحفريات الكاذبة عبارة عن أغراض غير عضوية ، تحمل مظاهر سطحية توحى بالشكل العضوى وهى منه براء . ومن بين الحفريات الكاذبة والشائعة . نجد :

١ـ الأشكال الشجرية (Denderites) : وهى أشكال شجرية متعددة الفروع ، سوداء داكنة تتكون فى انتشار على سطوح العديد من الأحجار المختلفة . وهى تشبه الخنشار أو نبات السرخس . ويكثر الخلط بينها وبين الحفريات النباتية عند الكثيرين ، وما هى فى حقيقة أمرها بحفريات ، وإنما هى رواسب معدنية لبعض أكاسيد المنجنيز أو الحديد . وهناك إمكانية للتعرف على حقيقتها ، والفصل بينها وبين أشباهها من الحفريات النباتية الأكيدة ، بكونها أشكال صغيرة تصغر عن السرخس الحقيقى بكثير جداً . وبجانب ذلك فإن هاتيك الأشكال الشجرية ، تتواجد عادة فى الصخور النارية والمتحولة سواء بسواء كما فى الصخور الرسوبية . ولا يخطرن ببال أى دارس ، أن تكون الصخور النارية رحماً لحياة نباتية .

٢ ـ خدوش المثالج والفوالق (Glacial Straition and slickensides) : وهذه فى حقيقتها أخاديد أو حزوز أو شقوق أو حفر (grooves) تحدث عن حركة المثالج (الأنهار الجليدية) فوق الصخور ، أو هى تنتج عن حركة كتلتين من الصخور انزلقا على طول كسر فى صخور الأرض (Fault) . وإن تكن تلك الأشياء تشبه فى ظاهرها بعض الآثار والشواهد ، الدالة على نشاط حيوى ، إلا أن الدراسة المتأنية والمدققة ، سوف تظهر تواً أنها جميعاً تكاد تكون خطوطا مستقيمة ومتوازية ، الأمر الذى قد يندر ـ إن لم ينتف تماما ـ حدوثه بواسطة الكائنات العضوية ، والحيوانية منها بالذات .

٣ ـ المتعقدات ونواتج عمليات التجوية (Concretions and weathering produts) : الكثير من هذه الأشياء تشبه فى مظهرها ، بل قد توحى بأنها حفريات ، بينما الدراسة المتأنية سوف تعكس فى الحال أنها تفتقد أى تركيب أو شكل منتظم ، أو حتى أنها ناتجة عن ـ أو من فعل ـ أى نشاط حيوى ، وإنما هى وليدة نشاط غير عضوى بالمرة .

٤ ـ الأنابيب الرأسية (Vertical Tubes) وهذه قد تتواجد فى بعض الصخور الرسوبية على شكل أنابيب رأسية تشبه الأنفاق التى تصنعها الديدان ، بينما حقيقة

الأمر ، أن بعض تلك الأنابيب الرأسية ربما نتجت عن هروب فقاقيع غازية ، خلال الرواسب ، إبان العمليات المابعدية (Diagenesis) المسئولة عن تحول الرواسب إلى صخور رسوبية . كذلك مثل تلك الأنابيب الرأسية ، قد تكون سُبلاً لخروج بعض الغازات الناتجة عن المرحلة الغازية لتطور الصُهارة ، (Pneumatolytic Stage) كما هو موجود فى الحجر الرملى فى الجبل الأحمر (الأخضر الآن) بجانب القاهرة قريباً من العباسية . وقد يصعب فى كثير من الأحوال ، التفرقة بين تلك الأنابيب الرأسية وبين مسالك بعض الديدان ، إلا على من احترف دراسة الحفريات . .

٥ ــ آثار تساقط قطرات المطر وعلامات الموج وتشققات الطين المتأحفرة أو المحفوظة (Fossil Raindrop Prins, Fossil Ripplemarks and Fossil Mudcracks) وجميعها كما هو واضح ناتجة عن نشاط غير عضوى تماماً ، ومن خلال ظواهر طبيعية بحتة ، لا تجعل هناك علاقة بينها وبين أن تكون حفرية بأى شكل من الأشكال ، ومن ثم فاستخدام لفظة حفرية للتعريف بتلك الأشياء ، ولضم تلك الأشياء فى مجمل الحفريات ، يعد أمراً غير مقبول ، وغير دقيق ، بل وغير علمى للغاية ، إذ أن كلمة حفرية ــ ومرة أخرى ــ تعنى وتشير فقط لظواهر ناتجة عن نشاط عضوى تماما . . ولا غير ذلك . .

استخدامات أو فوائد الحفريات :

فى سياق حديثنا السابق ، لاشك ظهرت بعض استخدامات ــ أو إن شئت فوائد ــ دراسة الحفريات . فهى تمدنا بوسائل لتقصى أثر ، وخُطى ، تاريخ الحياة على الأرض . فبمقدور الحفريات أن تكلمنا عبر سطور أو أحرف قُدت فى صفحات كتاب الزمان الأزل ــ وهى الصخور ــ أقول تكلمنا عن الصخور وأعمارها ؟ وعن ظروف تكون تلك الصخور وبيئاتها ؟ وبخاصة المضيفة للحفريات والمحتوية عليها . كذلك فإن دراسة الحفريات تتيح لنا إمكانية مضاهاة الصخور فى مساحات شاسعة ومتنوعة أو مختلفة ، فى مناطق منفصلة عن بعضها عبر هذا العالم . بجانب هذا فهى قد تكون كذلك شواهد

ذات نفع في التعرف على رواسب معدنية اقتصادية بذاتها . وربما كانت فائدة الحفريات كذلك في قص أثر الحياة في مناطق شتيتة ، وعبر أزمان بعيدة ، هي أهم ما تقدم الحفريات من فائدة للعلم على الاطلاق .

وإننا لنجد أن علم أشكال الطبقات (Strtigraphy) وهو في قول آخر دارسة الصخور ذات الطبقات (Stratified Rocks)، والعاملون في هذا الفرع من أفرع الجيولوجيا ، مهتمون تماماً بالصفات والخواص والمميزات العديدة للوحدات الصخرية ، ثم ما هي العلاقة بين تلك الوحدات الصخرية بعضها والبعض الآخر؟ واحد من أهم مبادىء دراسة أشكال-الطبقات هو ما نسميه بقانون التطبق (Law of Superposition) . ومنطوق ذلك القانون يدل على أنه في تتابع طباقي منسبط من الصخور ، فإن أقدم تلك الصخور هي التي في الأسفل بينما الأحدث هي التي في الأعلا . ويعد هذا المبدأ أو القانون هاماً جداً لدارسي الطبقات الصخرية ، إذ يتيح امكانية مضاهاة وترتيب الصخور ، حتى ما انطوى منها مع مرور الزمن ، وبما أن بيئة الحفريات هي طبعا الصخور الرسوبية بشكل عام ،فيكون بالإمكان إذن استتباع ذلك القانون ، بقوانين أخرى مكملة ، كقانون التتابع الحيواني والنباتي (Law of Faunal and Floral Succesion) واللذان ينصان معاً على توالي التشلبهات والإلتئام في حفريات النبات والحيوان في تتابعات محددة ومقننة . زيادة على ذلك ، فإن تواجد نوعيات متشابهة في وحدات صخرية مختلفة ، يشي بأن هاتيك الصخور ، إنما هي ذوات أعمار متساوية . وتلك حقيقة ، لأن الكثير من نوعيات الحفريات تعتبر من بنات حقبة زمنية بعينها . من أجل ذلك ، فإن عالم الحفريات الذي يجد نفس النوعية في مساحات شاسعات الإمتداد ، يستطيع أن يخلص إلى أن الوحدات الصخرية المتواجدة ، إنما هي ذوات أعمار متساوية . كذلك فإن بعض الحفريات تستطيع أن تدلنا على مدى تشابه البيئات في الماضي الجيولوجي . فمثلاً ، تعتبر النباتات بشكل خاص ذات حساسية مرهفة للتغيرات في درجات الحرارة ، وما يستتبع ذلك من عوامل جوية . . فالبعض منها لا ينمو إلا في المناطق الحارة والجافة ، والبعض الآخر يتحدد نماؤه في المناطق الرطبة . وعلى ذلك ، فعندما نجد حفريات نباتية ، ننجح في تحديد نوعياتها تماماً ، وتعرف اليوم بيئات تواجد مثيلاتها ، نستطيع عندئذ أن نستنتج علمياً وبسهولة ما كان عليه المناخ والطقس والبيئة في مكان وزمان وحياة النبات ، التي بأيدينا منه حفرية . . ونستطيع أن

نفعل نفس الشيء مع بعض الحيوانات ، فالكثير منها من لافقاريات البحر ، وترتبط في حياتها ببعض الأعماق ، وبدرجات حرارة معينة ، فعندما نجد حفريات من مثيلاتها ، نستطيع عندئذ أن نحدد ظروف وبيئة أجدادها . فمثلا ، كل المستعمرات المرجانية التي تعيش في يوم الناس هذا ، إنما تعيش في مياه ضحلة دافئة رائقة ، ومن ثم ، فعندما نعثر على حفريات لذات النوع في الصخور الرسوبية ، فعلينا أن ندرك عندئذ أن الرسوبيات المضيفة لتلك الحفريات ، قد تكونت في ظروف شبيهة تماما لذات الظروف التي تعيش فيها المستعمرات المرجانية الحالية .

كذلك تمدنا الحفريات بشواهد تعضد نظرية التطور العضوى ، تلك النظرية التي تقرر بأن كل أنواع الكائنات الحية قد تطورت عن أنواع أخرى ، وأنه بشكل عام ، يوجد تقدم وتطور من الأوليات إلى الكائنات الأكثر تعقيداً والتي نراها في حياتنا الآنية . فإذا نظرنا في سجل الحفريات ، سنجد أن الصخور الأقدم تحتوى على حفريات تختلف كثيراً في السلف عنها في الخلف ، وتقل درجات هذا الاختلاف كلما كانت الصخور أحدث عمراً وتكويناً . إن الفترات الجيولوجية التي يقسم إليها حقب الحياة الحديثة ، إنما هي في الحقيقة ، قائمة في مسمياتها على أساس النسبة المئوية لنوعيات شعبة الرخويات (Phylum Mollusca) وهي شعبة من العالم الحيواني تتميز الأفراد فيها بجسم رخو لا ينقسم إلى عقد ، وليس له أطراف مزدوجة ، ويسكن الحيوان الرخو عادة في صدفة صلبة من مصراعين أو مصراع واحد ، وتتخذ الصدفة أشكالا مختلفة . تلك الشعبة تنقسم إلى عدة طوائف ، أهمها ثلاث، منها : البلطقدميات أو المحاريات (Pelecypoda "Mussels") والبطنقدميات (ودعيات) (Gastropoda "Snails") والرأسقدميات (Cephalopoda) . . نقول ، على أساس النسبة المئوية لهذه النوعيات المنقرضة والتي تحتويها صخور كل قسم ، كان تقسيم حقب الحياة الحديثة . فمثلا صخور عصر الأيوسين ، تحتوى على رخويات قد انقرض منها حوالى ٩٥ ٪ ، بينما صخور البليوسين ، تحتوى على رخويات مازال حوالى ٩٠ ٪ منها على قيد الحياة حتى يومنا هذا .

ونحن نستطيع أن نقص أثر الحياة في تاريخها التطورى عبر الزمان ، بدراسة المتغيرات التي تظهر في سجل الحفريات . وتشكل التغيرات التطورية في الحصان واحداً

من أفضل تلك السجلات الموثقة لمثل ذلك التغير والتطور . كذلك ففى أمريكا الشمالية تقع واحدة من أفضل وأكمل التتابعات للصخور الرسوبية القارية ، المتكونة فى حقب الحياة الحديثة ، وبين طباقها توجد أفضل السجلات التطورية للحصان . ففى صخور عصر الإيوسين ، توجد حفريات أول حصان . وتعكس تلك الحفريات أن حصان ذاك الزمان ، لم يكن يتعدى فى حجمه ، حجم ثعلب اليوم ، بأسنان صغيرة وبسيطة ، وظهر مرتفع به قدر من التقوس ، وقد زودت قدماه الخلفيتان بأصابع ثلاثة ، بينما زودت قدماه الأماميتان بأربع أصابع . ويحتوى ذاك السجل بين دفتيه أيضا ، التطورات والتغيرات التى طرأت على الحصان ، خلال عصور الأليجوسين والميوسين والبليوسين ثم البليستوسين . . وحتى حصان يومنا هذا . . فبعض بقاياه ما تزال تكمل آخر سطور ذاك السجل وتلك الحدوتة .

. . وأما أهمية الحفريات ودورها اقتصادياً ، فأمر غير منكور . فبقايا النباتات المدفونة ، قد استحالت فحومات . والزيت المستخرج فى أيامنا هذه ، ما هو إلا نتيجة تحلل مالا يحصى من نباتات وحيوانات وحيدة الخلية ، واستحالة مكوناتها العضوية إلى ما يسمى بزيت الصخر (بترول) . واكتشاف واستمرار تنمية تلك المصادر ، إنما يقوم فى غالبيته على إمكانية مضاهاة الصخور ذوات الأعمار الواحدة . ويتم ذلك كما رأينا قبلاً ، باستخدام الحفريات . وعلى ذلك ، فلا عجب إن قلنا أن دراسة الحفريات توفر الكثير مما قد يُنفق فى البحث عن الزيت والفحم والرواسب المعدنية ؛ بحثاً عشوائياً دون الإهتداء بتلك الحفريات . فكثرة من الأحجار الجيرية الحفرية تستخدم كأحجار بناء بجانب ما نعرفه عن أعظم الأبنية وأعجبها طراً ، ألا وهى الأهرام الكبرى بالجيزة ، والمبنية من أحجار جيرية تكونت أساساً من أصداف كائنات حية دقيقة تسمى بالنميات ، حتى سميت بالنميات الجيزاوية نسبة إلى ذلك (Nummulitic Gisahensis) .

من أين نجمع الحفريات ؟ !

بادىء ذى بدء ، نقول أنه حيثما وجدت الصخور الرسوبية ، فثمة حفريات . . بجانب ذلك ، تتواجد الحفريات سائبة فى كثير من حفرات الحصى ، ومصاطب

الأنهار ، وعلى طول بعض الشواطىء . . ومن أكثر الناطق وفرة بالحفريات ، ما يلى :

١ ـ المحاجر (Quarries) : والمحجر عبارة عن حفرة مفتوحة ، تستخرج منها الصخور اللازمة للإنشاءات وأعمال الطرق وغيرها . وتعتبر المحاجر من أفضل الأماكن للحصول على الحفريات . . فمحاجر جبل المقطم مثلا أفضل الأماكن للحصول على النميات . . وهكذا . . ولقد تتفوق الجبهات المجواة فى المحاجر بمحصولها من الحفريات .

٢ ـ مقاطع الطرق الصحراوية السريعة ، والسكك الحديدية التى تقطع الصحارى ، وهى تعتبر فى مجموعها ـ وبخاصة تلك التى تقطع فى الأحجار الجيرية والطفل ـ من الأماكن المعطاءة للحفريات ، لما قد يكون فيها من طبقات صخرية مجواة على جانبيها ، وكلما كانت مجوَّاة أكثر ، كانت أفضل . ولدينا طرقٌ صحراوية عديدة وسكك حديدية عبر الصحراء الشرقية والغربية .

٣ ـ مناجم الفحم وما يتخلف عنها مما لا يستغل حولها (Coal Mines and Dumps) وهذه أيضا تعتبر مسرحاً لجمع عينات حفرية ، بشقيها النباتية والحيوانية . وقد تحتوى بعض طبقات الفحم على طبعات النباتات ، وكذا المنعقدات التى ما إن تُشق أو تفتح ، حتى تكشف عن طبعات لنباتات أو حشرات أو حتى لحيوانات ، وكذلك الحال فى طبقات الطفلة السوداء . وعلى كل حال ، فالكثير من الحفريات التى تتواجد فى هذه أو تلك ، تكون مادتها الأصلية قد استبدلت بمادة أو معدن البايرايت . ويلاحظ أنه عند الكشف عن بعض طبقات الطفل ، يجب جمع ما بها من حفريات تواً ، لأن القليل القليل من المطر ـ وقد تكون التجوية كذلك ـ تحيلها إلى كومات متماسكة من الطين . ولدينا فى مصر مناجم فحم المغارة بسيناء فى صخور العصر الجورى ، كما أن طفل إسنا ، من أكبر الرسوبيات فى مصر .

٤ ـ حفرات الحصى (Gravel Pits) وهى الحفر التى تتجمع فيها الرمال والحصى ، كأن تكون بقية من بقايا نهر قديم أو بحيرة بائدة ، بل قد تكونُ تلك الحفر أحياناً من

صنع المثالج (أنهار الجليد) . وعادة تتواجد الحفريات فى حصوات تلك الحفر ، ولن تكون عندئذ ، بحال من الأحوال ، سائبة أو مفككة . كذلك فقد أمدت الكثرة من تلك الحفر الدارسين بالعظام والأسنان لحيوانات العصر الجليدى . . ولكن للأسف فمثل تلك الحفر ، لا تستطيع أن تنبىء عن مصدر تلك الأشياء ومن أين أتت إليها . وكثير من تلك الحفر الزاخرة بحفريات الحيوانات الفقارية موجودة بمنطقة الفيوم .

٥ ـ المكاشف الطبيعية (Natural Exposures) : وهذه تتضمن جسور الأنهار ، أو واجهات المنحدرات الوعرة ، أو الشواطىء أو أى مكان طبيعى آخر ، تكون الطبيعة صانعته دون البشر . ولدينا نهر النيل الذى يقطع فى أرض مصر لمسافة تزيد على الألف كيلومتر ، يخترق فيها طبقات الحجر الرملى النوبى الذى قُدَّ فيها معبدى أبو سمبل ، ثم يمضى مخترقا طبقات الطفل فى اسنا وما حولها ، وبعد ذلك يمضى عنها إلى الأحجار الجيرية فى المنيا وسيالوط وبنى سويف حتى المقطم ، ثم تمضى دلتاه فى رواسب الطين والغرين وكلها تشكل مكاشف طبيعية . . أضف إلى ذلك السهل الترسيبى على شاطىء البحر الأحمر وخليج السويس ، ثم المقطع الرسوبى الهائل فى الساحل الشمالى الغربى للتراب المصرى وخاصة عند منطقة عجيبة غرب مرسى مطروح .

الباب الخامس

الخرائط الطبوغرافية والجيولوجية

(Topographic And Geologic Maps)

ليس ثمة شك ، أن للخرائط بعامة فوائد جمة ، سواء كانت لتوقيع الأماكن أو لتحديد نوعيات وأعمار الصخور فى مواقعها . وغالب الناس لديهم أفكار على نحو ما ، عن خرائط الطرق والأطالس التى تكون فى متناول الأيدى فى نوادى السيارات ، أو محطات خدماتها أو حتى فى المكتبات . ومن مثل تلك الخرائط ، يتعرف المرء على طرق منطقة ما ، أو ما بها من معالم طبيعية أو حضارية سياحية أو نحو ذلك . ومع أن مثل تلك الخرائط قد تكون مفيدة لبلوغ منطقة بذاتها ، إلا أنها لا شك لا تحتوى من التفصيلات الدقيقة ، ما يكفى بالتحديد لتعيين نقطة ما تعييناً تاماً ، أو لتوضيح معالم سطحية ، بله لتبيان معالم جيولوجية ، وبالتالى فإن لم يكن الدارس عضو بعثة جيولوجية . أو فرد فى فريق عمل إلى حقل ما ، فلابد له من أن يحصل على ، ويعرف كيف يستخدم الخرائط سواء كانت طبوغرافية أو جيولوجية .

والخريطة الطبوغرافية تشرح البُعد الثالث . بمعنى أنها تشرح تضاريس المنطقة من خلال خطوط تسمى الخطوط الكونتورية (Contour Lines) أو خطوط الأبعاد . معنى

ذلك أن الخرائط الطبوغرافية تقدم قيم الارتفاع لأى نقطة على الخريطة ، وتتيح الفرصه لتحديد شدة الانحدارات وقيم الأبعاد ، ما بين مختلف النقاط ، ومواقع العديد من العلامات ، سواء كانت طبيعية ، أو من صنع البشر ، وهى أيضا وفى بعض الحالات ، تحديد لموقع الشخص ذاته . ومن اليسير الحصول على الخرائط الطبوغرافية من بعض المكتبات أو من هيئة المساحة العامة بالدقى ـ القاهرة أو المساحة الجيولوجية والمشروعات التعدينية ، بطريق صلاح سالم بالعباسية بالقاهرة . وابتداء ، يجب تحديد مقياس الرسم لما ستستخدمه من خرائط . وقد يُعطى مقياس الرسم خطياً ، أو نسبياً رقمياً ، فى وسط أسفل الخريطة أو أعلاها . فإذا كان المقياس ١ : ١٠٠٠,٠٠٠ فهذا معناه أن كل وحدة قياس ـ ولتكن السنتيمتر ـ على الخريطة ، تساوى مليون مثيل لها على سطح الأرض . وتسجل قيم خطوط الطول وخطوط العرض على جانبى الخريطة . وترسم كل الخرائط واتجاه الشمال فى أعلاها ، بينما يجب أن يسجل اسم الخريطة والمساحة التى تغطيها ـ والتى يجب أن تكون مربوعة بشكل عام ـ فى الجانب العلوى إلى اليسار ، كما تقدم المسميات الملحقة على طول جوانب وزوايا الخريطة . وتستلزم قراءة الخرائط دربة عملية ، وقدرة على التخيل . فالبُعد الثالث (الذى يمثل التضاريس) يعبر عنه بالخطوط الكونتورية . وعند استخدام الخريطة الطبوغرافية ، عليك أن تستحضر إلى ذهنك ، أن ما تنظر إليه ، إنما هو المظهر الخارجى الذى سوف تراه بعين طائر ، إذا ما طرت فوق المنطقة . ومن ثم ، فإن ترتيب وتباعدات خطوط الكونتور ، يجب أن تترجم فى الذهن إلى الآتى :

هل ما يُرى هو تل أو جبل أو وادى أو منحدر ، وعر أم سهل .. الخ ؟ .

ما هى خطوط الكونتور وكيف تستخدم لتجسم البعد الثالث ؟

خطوط الأبعاد (الكونتور) هى ببساطة ، خطوط عُملت بتوصيل نقاط لها ذات الارتفاع عن سطح البحر . وهى تتميز بميزات ، ومنها التعرج أو عدمه ، ومنها عدم التقاطع (إلا فى حالات نادرة) ومنها أن يكون لها أشكال متعددة وارتفاعات متباينة . وأن تبدو متباعدة أحيانا وأخرى متقاربة . ثم إن تلك الخطوط تظهر فى أى جزء من الخريطة ، بفارق كونتورى ثابت لاتتغير قيمته مهما تباعدت أو تقاربت تلك الخطوط ، أو تغيرت أطوال الفواصل الكونتورية . وبما أن سطح الأرض غالبا ما يكون غير منتظم

الانحدار ، لذلك فمن المتوقع ألا تتساوى أطوال تلك الفواصل . وربما ييسر فهم ذلك الأمر تخيلك لتل متدرج ، من خلال عدة ارتفاعات : الأولى عند مائة قدم وأخرى عند ٢٠٠ قدم وثالثة عند ٣٠٠ قدم وهكذا . لنتخيل أننا سنوصل نقاط كل مجموعة على ارتفاع واحد ، بجبل مثلا ، فيا ستراه بعين طائر ، هو عبارة عن مجموعة من الخطوط المتمركزة على مسافات فيا بينها . وبذات الطريقة ، فإن تلاً على خريطة طبوغرافية سيكون ممثلاً بعدد من الخطوط المتمركزة ، كل خط فيها تفصله عن غيره مائة قدم ارتفاعاً أو هبوطاً عن تاليه . وإذا ما كان الانحدار على أحد جانبي التل شديداً ، وعلى الجانب الآخر هيناً ، فلسوف تكون الخطوط على الجانب الأشد انحداراً متقاربة فيا بينها المسافات ، بينها تكون الخطوط على الجانب الآخر كبيرة فيا بينها المسافات . . أى أن الخطوط الكونتورية فى الحالة الأولى تكون أكثر كثافة . وتلك حقيقة ، لأنك على الجانب الأشد انحداراً ، يلزم أن تقطع مسافة صغيرة لتعلو أو تهبط عبر مسافة رأسية محددة ، بينها على الجانب ذى الانحدار الهين ، يكون عليك أن تقطع مسافة أطول لكى تعبر ذات المسافة الرأسية بين ارتفاعين محددين فى الحالتين . صورة أخرى قد تقرب إلى الذهن منطوق الخطوط الكونتورية . . لنتخيل معاً ، أننا ننظر بعين طائر إلى منطقة شاطئية لبحيرة كبيرة ، تغذيها الأمطار هاطلة فى دوام ، ثم أمرت السماء أن تقلع ، وغيض ماء البحيرة شيئاً فشيئاً لينخفض المنسوب يوما بعد يوم . وهى والحال كذلك ، يتغير فيها منسوب المياه من مكان إلى مكان ، فينشأ مع كل يوم مستوى شاطىء جديد . . وبعد أن تبلع الأرض كل الماء ، سيكون هناك لا شك ، تشكيلات شاطئية تعيد إلى الأذهان ، ما كانت عليه البحيرة عند تمام امتلائها بالماء . تلك الخطوط التى تمثل التكوينات الشاطئية المختلفة ، هى فى الواقع خطوط كونتورية طبيعية . وبشكل عام ، فإن كل خامس خط كونتورى ، يجب أن يرسم بخط بارز عن غيره ، وتكتب عليه قيمته ، وأما المسافات البينية الكونتورية ، وهى الاختلافات فى قيم الارتفاعات فيا بين متتاليات الخطوط ، فهى عادة تسجل تحت مقياس رسم الخريطة . فمسافة بينية قيمتها مثلا عشرة أقدام ، تعنى أن كل خط كونتورى يمثل زيادة أو نقصان فى الارتفاعات ، قيمتها عشرة أقدام عن قيمة خط يعلوه أو يسفله . وعادة تُعطى على الخريطة كذلك نقاط المثلثات ـ وهى النقاط التى تكون ارتفاعاتها محددة بدقة من قبل . ويبين الشكل ، رسماً لمنطقة ما بجوار خريطة طبوغرافية لها . وتستطيع أن تتبين منه أنه كلما كانت الانحدارات شديدة ، كلما تقاربت أكثر وأكثر الخطوط الكونتورية من بعضها

البعض . وعلى العكس كلما كانت الانحدارات هينة ، كانت الخطوط متباعدة . كذلك تظهر أودية الأنهار بخطوط تأخذ شكل الرقم (٧) إبان عبورها لتلك الأودية ، وتشير قاعدة الرقم دائما إلى منبع النهر .

كان ذلك بالنسبة للمظهر العام للمنطقة التى ندرسها ، وكذا تبيان ارتفاعاتها المختلفة . أما بالنسبة لانحدار سطح الأرض فهو يقاس عادة عند نقطة معينة ، بتقدير قيمة الزاوية المحصورة بين مستوى سطح الأرض ، والمستوى الأفقى القاطع له عند تلك النقطة . هذا بخلاف معدل التغير فى انحدار سطح الأرض بين أى نقطتين على مسطح الخريطة الكونتورية ، والذى تقدر قيمته العددية بايجاد النسبة بين الفرق فى ارتفاع سطح الأرض بين هاتين النقطتين ، والمسافة الأفقية بينهما ، آخذين فى الاعتبار مقياس الرسم الذى استخدم فى اعداد تلك الخريطة الكونتورية . فمثلا إذا كان هذا الفارق فى ارتفاع سطح الأرض بين أى نقطتين هو ٥٠٠ متر مثلا ، وكانت المسافة الأفقية المقاسة على الخريطة بينهما ، هى أربعة سنتيمترات ، وكان مقياس الرسم هو واحد سنتيمتر لكل عشرة كيلومترات . . فإن معدل التغير فى انحدار سطح الأرض ، بين النقطتين يكون مساوياً ٠,٠١٢٥ من المتر لكل واحد كيلومتر ، أى أن :

$$\frac{\text{٥٠٠ م}}{\text{٤ سم}} \times \frac{\text{١ سم}}{\text{١٠ كم}} = \text{٠,٠١٢٥}$$

ومنه يتضح أنه يمكن ايجاد قيمة أى من انحدار سطح الأرض عند نقطة ما ، أو ، معدل التغير فى ذاك الانحدار بمعلومية أحدهما ، إذ أن معدل التغير فى الانحدار ، هو فى نفس الوقت ظل زاوية الانحدار . وبذلك يمكن عمل مقاطع أو بروفيلات طبوغرافية معينة ، توضح طبيعية وشكل سطح الأرض فى اتجاه معين عبر الخريطة . وبهذا الشكل ، وبقليل من الخبرة ، لن يقابل الدارس بمشاكل من أى نوع فى قراءة أو استنطاق الخرائط الطبوغرافية ، ومن بعدها ، ينطلق إلى تحديد الأماكن واثبات مواقع جمع العينات على الخريطة . ويتم ذلك عادة ، ربما باستخدام خطوط الطول وخطوط العرض . فخطوط الطول تجرى على سطح الأرض من الشمال إلى الجنوب ، والخط الرئيسى فيها هو خط جرينتش (انجلترا) . هذا بينما توازيات خطوط العرض تجرى من الشرق إلى الغرب ، وتقسم سطح الأرض إلى قطع تقاس إلى شمال أو جنوب خط

الاستواء . وتنقسم كل درجة من درجات الطول والعرض إلى ستين ثانية . من هنا ، فإنه باستخدام مقياس رسم ، يستطيع الدارس أن يوقع الأشياء والأماكن وبدقة على خريطة بمجرد تحديد الموقع بالنسبة لتقاطع خطوط الطول وخطوط العرض بالقرب من مكانه ، كأن نقول مثلا أن مدينة القاهرة تقع عند تقاطع خط طول ٢٠" ١٠' ٣١° وخط عرض ١" ١٠' ٣٠° تقريباً .

الخريطة الجيولوجية :

وهى فى واقع الأمر خريطة طبوغرافية ، موضح عليها مكاشف الصخور التى تظهر على سطح الأرض فى منطقة بعينها . وحيث أن كل طبقة صخرية تُحدد عادة بخطى تلاصق يفصلانها عن طبقة سواها ، فأنه بالبديهية لابد أن تشتمل الخريطة الجيولوجية على عدد من الخطوط التلاصقية للطبقات الصخرية الموجودة بالمنطقة الممثلة بتلك الخريطة ، وأن يكون عدد تلك الخطوط زائداً عن عدد الطبقات بواحد . أى أن منكشف ثلاثة أنواع من الصخور مثلا ، يكون عدد خطوط تلاصقاتها على الخريطة الجيولوجية أربعة ، ولابد للخريطة الجيولوجية من أن تشتمل على :

١ ــ خطوط تلاصق الطبقات .
٢ ــ رموز ميل الطبقات ومقاديرها ، وهى تشير إلى ميل الطبقة على الخريطة وكذلك ميلها عن المستوى الأفقى .
٣ ــ رموز الامتداد الجغرافى لكل طبقة (المضرب) والتى تشير إلى الاتجاه الجغرافى .
٤ ــ رموز توضح الخصائص الكونتورية أو البنائية للصخور .
٥ ــ الدليل الجيولوجى ، والعمود الطباقى للمنطقة ، بما فى ذلك الطبقة الصخرية المرشدة .
٦ ــ القطاع (البروفيل) الجيولوجى لمعرفة نوعية التراكيب الجيولوجية فى اتجاه معين وسمك الطبقات . وإذا ما اكتملت الخريطة الجيولوجية بكل تلك المقومات ، اكتسبت أهمية كبرى ، إذ هى ـ أولا : تعتبر احدى الوسائل الهامة التى يمكن بواسطتها

أن يتعرف الدارس على التراكيب الجيولوجية التى تشكلها وتتشكل منها صخور منطقة معينة . وهى ـ ثانيا ـ يمكن الاعتماد عليها فى قراءة الأحداث ، والتاريخ الجيولوجى للمنطقة . هذا ، وتجدر الإشارة هنا ، إلى أن الأدوات اللازمة لدراسة وقراءة الخرائط الجيولوجية هى : مسطرة دقيقة التدريج ، مثلث ٤٥°، ٦٠° ، مبراة ، ممحاة ، منقلة ، أقلام رصاص ، أقلام تلوين ، ورق مربعات وشفاف ، وأخيراً جدول ظلال . وفى الشكل الخصائص الكونتورية أو البنائية وما تُعبر عنه وكيفية ظهورها على الخريطة الجيولوجية .

* * *

الباب السادس

جداول التعرف على المعادن والصخور

أولاً ـ كيف تستخدم جداول التعرف على المعادن ؟

إنه لحسن استخدام جداول التعرف على المعادن ، يُقترح ما يلى :

١ ـ حدد إذا ما كان للمعدن بريق معدنى أو بريق لا معدنى . ويجدر هنا أن نذكر أن القواميس تورد كلمة (Lustre or Luster) بمعنى اللمعان أو التألق ، أو التلألؤ أو اللامع أو البّراق أو الرونق أو البهاء ، وأما (Metal) فهو الفلز ، وأما (Nonmetal) فهو اللا فلز ، ويتميز هذا عن ذاك بصفات كثيرة معروفة،منها قابلية الأول للطرق والسحب وتوصيله للحرارة والكهرباء . وهناك أشباه المعادن (Metalloid) وهى أولا مواد لها مظهر الفلزات ، وهى ثانيا تطلق على بعض العناصر مثل الخارصين والانتيمون ، وتشترك فى خواص الفلزات واللافلزات ، وهى ثالثا قد تكون فلزاتية بمعنى أنها ليست فلزات

محددة ، مثل الفلز القلوى (الصوديوم) والفلز القلوى الأرضى (الكالسيوم) .

٢ ـ بعد ذلك راجع اللون أو الصِّبغ (Colour) . واللون كما هو معروف ينتج عن قدرة المعدن على عكس نوع معين من الموجات الضوئية وامتصاص موجات أخر ، وهى فى مجموعها ما تكون الضوء العادى (هى إذن ألوان الطيف) . فالمعروف أن اللون الأحمر مثلاً يمتص جميع الموجات ، ما عدا الحمراء يعكسها فتبدو المادة لعين الرائى حمراء ، أما المعدن الأبيض فيعكس جميع ألوان الطيف بنسب متساوية ، وأما الأسود فإنه يمتص جميع الموجات . هذه الألوان ثابتة للمعدن الواحد . ومن ثم ، فهى خاصية تعريف . . ولكن فى كثرة من المعادن ، يتدرج اللون أو يتغير عن لونه الثابت ، ويُعزى هذا التغير إلى أمور منها :

أ ـ احتواء المعدن حال بنائه الذرى على شوائب أو مواد ملونة .

ب ـ موقع الأيون فى التركيب الشبكى البلورى .

جـ ـ نوع الرابطة الكيميائية التى ترتبط الوحدات البانية لبلورة المعدن بها ، ثم التركيب الكيميائى ذاته كما فى الماس والجرافيت .

٣ ـ بعد ذلك ، على الدارس أن يختبر الصلادة ويحدد درجتها بحسب مقياس « موهز » (Mohs) . والصلادة إحدى الخواص التماسكية للمعدن ، بمعنى أنها مقاومة المعدن للخدش أو البرى أو الكشط ، وليست مقاومته للكسر ، فالماس هش ، بينما هو يخدش كل ما عداه ولا يُخدش وصلادته عشرة ، أما صلابته فأقل من ذلك بكثير ، ومن ثم ، تطعَّم به سكاكين الحفر ولا تصنع منه المطارق .

بعد تلك الخطى الثلاث ، انتقل إلى الجزء المناسب من الجداول لتحصر اختيارك فى عدد قليل من المعادن فمثلاً : إذا كان للمعدن بريق لا فلزى ، فعليك باستخدام جداول هذا النوع . ثم إذا كان المعدن أبيض اللون ، وصلادته فى حدود ٣٠٠ عندئذ احصر اختيارك فى كل المعادن البيضاء ذوات الصلادة ٢ ـ ٤ ، وبخواص أخرى سيتركز الضوء وتضييق دائرة اختيارك ، بمثل المذاق والتفاعل مع الأحماض ، أو الاستشعاع . . وهكذا . . والآن إلى جداول التعرف على المعادن بشقيها الكبيرين : الفلزية ، واللافلزية . . ولكن لابد أن نعرف شيئا عن خاصية هامة جداً ، وعامل من عوامل التعرف لا ينكر ، وهو النظام البلورى . .

فالنظم البلورية المختلفة ، تقوم على تصنيف الأشكال البلورية أو الهيئات البلورية المختلفة إلى عدة فصائل تتميز على أساسها المعادن ، إلى متبلوزة وغير متبلورة ابتداء . . حيث أن المعدن هو كل مادة صلبة متجانسة تكونت بفعل عوامل طبيعية غير عضوية ، لها تركيب كيميائي محدد ونظام بلورى مميز . . فالتبلور في حد ذاته أقرب أن يكون صورة من صور ميل الطبيعة للنظام والتناسق دون اعتباطية أو عشوائية . فالبلورة جسم صلب متجانس تحده أسطح مستوية هي أوجه البلورات ، وهى تكونت بفعل عوامل طبيعية ، تحت ظروف مناسبة من الضغط والحرارة . . ولو اختلت ، لاختل البناء ، تماماً كما حال الجنين في رحم أمه . . الأوجه البلورية إذن هي في حقيقة الأمر ، تعبير عن الترتيب الذرى الداخلي أو هي تعبير عن وحدات البناء ، وكيف تراصت داخل البناء الهندسي المنتظم ، الذى يجب أن تنضبط من حوله ظروف الحرارة والضغط ليولد غير مشوه . وحدات البناء تلك والبانية لبلورة المعدن ، هي ذرات أو أيونات عنصرية ، بمعنى أنه لا يمكن تحليلها إلى أبسط منها ، فهى أبسط ما عُرف حتى اليوم ، والمرتبة ترتيباً هندسياً دقيقاً ورائعاً ، إن عبر عن شيء ، فإنما هي قدرة الخالق المبدع والمنظم لكل شيء بقدر . والبلورات قد تكون عنصرية ، بمعنى تركيبها جميعاً من نوعية ذرة واحدة ، وقد تكون مركبة بمعنى اختلاف وحدات البناء فيها ، تضمها إلى بعضها البعض ، روابط كهربية كيميائية ، كما يفعل الملاط بوحدات البناء في قصر منيف أو دار هزيلة . شكل البناء نهاية ـ هو هنا البلورة ـ يتوقف على اتجاه تراص صفوف الوحدات ، ثم ما بين تلك الصفوف من زوايا وأخيراً البُعد بين كل وحدة بنائية وتاليتها . . أليس ذاك ما يحدد كل بناء ؟ الذى يكبر أو ينمو في الاتجاهات الثلاثة . . سيتتج عن ذلك لا شك أنه إذا كانت وحدات البناء متساوية الأبعاد عن بعضها في الاتجاهات الثلاثة ، وفى اتجاهات متعامدة على بعضها ، أن تتكون أبنية ـ بلورات ـ متساوية الأبعاد أو مكعبية . أما إذا كانت الوحدات غير متساوية الأبعاد عن بعضها في جميع الاتجاهات ولكن اتجاهات صفوفها متعامدة ، نشأت عندئذ بلورات معينية الشكل ، وهكذا . . حصيلة تلك التنويعات تُعطى قرابة ستة فصائل متميزة تلك هي :

١ ـ فصيلة أو نظام المكعب المتساوى الأبعاد (Isometric or Cubic system) وفيه تتكون بلورات تتساوى في كل منها أطوال محاورها البلورية الثلاثة ، وتتعامد بعضها على بعض ، حيث تتقاطع بزوايا قائمة وفى كل بلورة أكثر من محور .

٢ـ فصيلة أو نظام الرباعى (Tetragonal system) وفيه تتكون بلورات يتساوى فى كل منها محوران بلوريان ، وتتعامد المحاور الثلاثة ، وبها محور واحد رباعى التماثل وهو الرأسى (جـ) .

٣ ـ فصيلة أو نظام السداسى (Hexagonal system) وفيه تتكون بلورات لها أربعة محاور ، ثلاثة منها أفقية متساوية يرمز لها (ا١ ا٢ ا٣) تتقاطع بزوايا ١٢٠° ، والمحور الرابع (جـ) رأسى سداسى التماثل .

٤ ـ فصيلة أو نظام المعينى (Orthorhombic system) وفيه تتكون بلورات لكل منها ثلاثة محاور تختلف أطوالها ، ويتعامد بعضها على بعض وتحتوى أكثر من محور ثنائى التماثل (ثلاثة فى العادة) .

٥ ـ فصيلة أو نظام أحادى الميل (Monoclnic system) وفيه تتكون بلورات تختلف فى كل منها أطوال المحاور ، ويتعامد المحوران (ب ، جـ) ويميل المحور (أ) على مستواهما معاً ، وتحتوى كل بلورة على محور واحد ثنائى التماثل (جـ) .

٦ ـ فصيلة أو نظام ثلاثى الميل (Triclinic system) وهو نظام به طائفتان من البلورات تختلف من حيث أطوالها والزوايا التى بينها ، وليس فيها من عناصر التماثل إلا المركز . . وقد ينعدم . .

يتبقى من الخواص الواردة فى الجداول والمحددة للمعادن ، فلزية ولا فلزية ، خاصية الكثافة النوعية (Specific gravity) . والكثافة النوعية أو الوزن النوعى هو نسبة وزن حجم معين من مادة إلى وزن نفس الحجم من الماء عند درجة ٤ درجة مئوية . وبعبارة أخرى ، هو نسبة كثافة المعدن إلى كثافة الماء . ويُعد الوزن النوعى من الصفات والخواص المميزة للمعدن ، إذ أنه ثابت القيمة للمعدن الواحد عند ثبات درجة الحرارة وثبات التركيب الكيميائى له . وقد يتضح للفاحص المدقق أن الوزن الذرى لذرات المعدن والأيونات المكونة له ، كذا قرب تراصها فى التركيب البلورى ، هما الأساس فى قيمة الوزن النوعى . فالوزن النوعى للماس أكبر بكثير منه للجرافيت ، مع أن كليهما يتكون من عنصر الكربون ، لماذا ؟ لأن ذرات الكربون فى الماس متراصة إلى جانب بعضها رصاً محكماً فى نظام مكعبى ، أما الجرافيت ، فذرات الكربون فيه أكثر تباعداً عن بعضها ومتراصة بطريقة تعطيه النظام السداسى .

والآن إلى الجداول . .

معادن ذات لمعان فلزى (Metallic Luster)

أ	ب	جـ	د	الصلادة	الاسم والتركيب الكيميائى	الشكل البلورى	الكثافة النوعية	ملاحظـــات
×				١,— ١,٥	موليبدينايت Molybdenite (MoS_2)	سداسى	٤,٦٢ ٤,٧٣	معتم إلى رصاصى ، حكاكة خضراء على الخزف وزرقاء مسودة على الورق ، صفائحى ، يتشقق كتلياً ، يتكسر فى حامض النتريك ، معدن مساعد فى صخور الجرانيت والبجماتايت وفى العروق وفى الصخور المتحولة حرارياً .
×			×	١ ٢,—	جرافيت Graphite (C)	سداسى	٢,٠٩ ٢,٢٣	معتم ، حكاكة سوداء ، يتشقق فى اتجاه واحد جيد إلى صفائح غير مرنة ، يوجد فى الصخور الكربونية المتحولة .
	×	×		١,٥ ٢,—	أورپيمنت Orpiment ($As_2\ S_3$)	أحادى الميل	٣,٤٩	حبيبى ، صفائحى ، راتينجى ، يتشقق فى اتجاه واحد ، يتكون فى عروق منخفضة حرارة التكوين ، يعتبر ناتج من نواتج التغير .
	×	×	×	١,٥ ٢,—	كوفيلايت Covellite (Cus)	سداسى	٤,٦٠ ٤,٧٦	يتلون بألوان قوس قزح ، حكاكة رمادية اللون ، تشقق فى اتجاه واحد إلى صفائح لدنه ، ناتج تغير كبريتيدات النحاس .
×				٢,—	ستبنايت Stibnite ($Sb_2\ S_3$)	معينى	٤,٦١ ٤,٦٥	معتم ، رصاصى اللون .

أ = رمادى / أسود　　ب = أحمر / برتقالى　　جـ = أصفر / أخضر　　د = أزرق / قرمزى

تابع معادن ذات لمعان فلزى (Metallic Luster)

ملاحظـــات	الكثافة النوعية	الشكل البلورى	الاسم والتركيب الكيميائى	الصلادة	د	جـ	ب	ا
حكاكة قرمزية اللون ، لون الماس العكر ، يوجد بالقرب من البراكين أو على شكل عروق ناتجة عن المحاليل المائية الساخنة .	٨,٠٩	سداسى	سينابار Cinnbar (HgS)	٢,— ٢,٥			×	×
معتم ، ليفى أو خيطى المظهر ، أو حبيبى ، له تشقق مخروطى ، يشيع تواجده فى رواسب المنجنيز التى تتكون فى المساخات أو المستنقعات القديمة .	٤,٤٠ ٥,٠٨	رباعى	بيرولوسايت Pyrolusite (MuO_2)	٢,— ٦,٥				×
معتم ، كتلى ، محارانى أو صدفانى ، سهل القطع أو الفصل ، قابل للذوبان فى حامض النتريك ، الطبقات الغنية بالمعدن عادة تعلو الرواسب الكبريتيدية .	٥,٥٠ ٥,٨٠	معينى	كالكوسايت Chalcocite (Cu_2S)	٢,٥ ٦,٥				×
معتم ، رمادى رصاصى ، مكعب كتلى ، له تشقق مكعبى جيد ، يتكسر فى حامض النتريك ، يوجد فى عروق الكبريتيدات .	٧,٥٧ ٧,٥٩	مكعبى	جالينا Galena (PbS)	٢,٥ ٣,—				×
معتم ، بلورات متفرعة ، قابل للطرق والسحب ، يذوب فى حامض النتريك ، يوجد فى العروق البازلتية البركانية .	٨,٩٤	مكعبى	نحاس Copper (Cu)	٢,٥ ٣,—			×	
معتم ، يتغطى بطبقة رمادية إلى سوداء اللون ، يوجد فى تكوينات عرقية مستطيلة قابل للطرق والسحب ، يذوب فى حامض النتريك .	١٠,٥٠	مكعبى	فضة Silver (Ag)	٢,٥ ٣,—				×

ا = رمادى / أسود ب = أحمر / برتقالى جـ = أصفر / أخضر د = أزرق / قرمزى

تابع معادن ذات لمعان فلزى (Metallic Luster)

أ	ب	جـ	د	الصلادة	الاسم والتركيب الكيميائى	الشكل البلورى	الكثافة النوعية	ملاحظـــات
		×		٢,٥ ٣,-	ذهب Gold (Au)	مكعبى	١٩,٣١	معتم ، بلورات متفرعة ، يوجد فى شكل لقطات (وهى قطع من الذهب ملء الكف أو أكبر تسمى لقطة) قابل للطرق والسحب ، يتكون فى شكل عروق أو فى رواسب البرقة Placers (وهى رواسب متجمعة ميكانيكية بالنقل بالماء من مواد مفتتة تحتوى على معدن أو أكثر من المعادن ذات القيمة ، والمقاومة لعوامل التعرية) .
×				٣	إنارجايت Enargite (Cu_3AsS_4)	مكعبى	٤,٤٠ ٤,٥٠	معتم ، صفائحى ، كتل ، حبيبى أو مُخَدَّش السطح مركزيا ، على شكل منشور ، له ثلاثة تشققات جيدة وتشقق رابع فقير ، يذوب فى الماء الملكى ، يوجد فى العروق المعدنية المتكونة فى درجات حرارة متوسطة إلى منخفضة ، وكذا فى الرواسب الكبريتيدية الإحلالية .
×	×		×	٣	بورنايت Bornite (Cu_5FeS_4)	مكعبى	٥,٠٦ ٥,٠٨	معتم ، يكون عادة مغطى بمادة قرمزية إلى قزحية اللون ، له خدش رمادى مسود ، ويكون عادة فى هيئة كتلية . قابل للذوبان فى حامض النتريك ، يوجد فى رواسب النحاس .
		×		٣,— ٣,٥	ميللرايت Millerite (NiS)	سداسى	٥,٣٠ ٥,٧٠	معتم ، له صُفرة النحاس البرونزية ، له خدش حبيبى مسود ، بلوراته شعرية (كالشعرة) يتكون فى الكهوف عند درجات حرارة منخفضة .

أ = رمادى / أسود ب = أحمر / برتقالى جـ = أصفر / اخضر د = أزرق / قرمزى

تابع معادن ذات لمعان فلزى (Metallic Luster)

أ	ب	جـ	د	الصلادة	الاسم والتركيب الكيميائي	الشكل البلوري	الكثافة النوعية	ملاحظـــات
				٣ ٤,٥	تينانتايت Tennantite $(Cu,Fe)_{12}$ $As_4 S_{13}$	مكعبي	٤,٦٢	أخف وأكثر ليونة من معدن تيتراهيدرايت .
×	×			٣,— ٤,٥	تيتراهيدرات Tetrahedrite $(Cu,Fe)_{12}$ $Sb_4 S_{13}$	مكعبي	٤,٩٩	أحد معادن سلسلة تتراهيدرايت ـ تينانتايت ، يتركب من كبريتيد النحاس والزرنيخ مع زيادة نسبة الانتيمون على الزرنيخ فيه ، وأحيانا تحل عناصر الفضة أو الزنك أو الحديد أو الزئبق محل عنصر النحاس ، ويعد ركازاً هاماً من ركازات النحاس والفضة ، كتل ، يتكسر بحامض النتريك ، يوجد فى شكل عروق . عادة أصلد من معدن تينانتايت .
×	×	×		٣,٥ ٤,—	سفاليرايت Sphalerite (Zn,Fe) S	مكعبي	٣,٩٠ ٤,١٠	رايتنجى (الرايتنج هو إفراز أشجار صمغى القوام لا يذوب فى الماء) . تكثر فى بلوراته الأوجه المقوسة ، يلصف أو يستشع بلون برتقالى . يستضىء بالاحتكاك (وهى خاصية انبعاث شرارات ضوئية بالاحتكاك أو بالخدش) .
×	×			٣,٥ ٤,—	كالكوبايرايت Chalcopyrite Cu Fe S_2	رباعى	٤,١٠ ٤,٣٠	معتم يتغطى بغطاء قزحى اللون له صفرة النحاس له خدش أسود مخبب يذوب فى حامض النتريك يتكون فى العروق متوسطة إلى عالية الحرارة .

أ = رمادى / أسود   ب = أحمر / برتقالى   جـ = أصفر / أخضر   د = أزرق / قرمزى

تابع معادن ذات لمعان فلزى (Metallic Luster)

أ	ب	جـ	د	الصلادة	الاسم والتركيب الكيميائى	الشكل البلورى	الكثافة النوعية	ملاحظـــات
x	x			٣,٥ – ٤,—	كوبرايت Cuprite Cu_2O	مكعبى	٦,١٤	يتكون فى أشكال مثمنة الأوجه ، كتل ، ويشيع تواجده فى المناطق المؤكسدة من رواسب النحاس .
	x	x		٣,٥	بيرهوتايت Pyrrhotite $Fe_{1-x}S$	سداسى	٤,٥٨ – ٤,٧٩	معتم ، يتغطى بطبقة برونزية ، كتل ، له خاصية مغناطيسية ، يتكسر بحامض الايدروكلوريك ، يتواجد فى صخور البازلت وعروق الكبريت .
x				٤,—	مانجانايت Manganite $MnO(OH)$	احادى الميل	٤,٣٢ – ٤,٣٤	شبه فلزى (بريق فلزى غير مكتمل) ، له مخدش بنى محمر ، يتكون على شكل منشورات مُخَدَّشة ، له ثلاثة تشققات ، يذوب فى حامض الايدروكلوريك ، يتكون فى العروق منخفضة حرارة التكوين .
x	x			٤,—	هيبنرايت Huebnerite $MnWO_4$	أحادى الميل	٧,١٢	شبه فلزى ، قزحى الغطاء ، منشورى مُخَدَّش الأوجه ، يتكون فى بلورات جماعية متوازية ، له تشقق واحد ، يتكسر فى الماء الملكى ، أو حامض الكبريتيك أو يبطء فى حامض لايدروكلوريك ، يتكون فى عروق متشعبة وبالتحول الحرارى ، وكذلك فى رواسب البرقة Placers .
x				٤,— – ٤,٥٠	ولفرامايت Wolframite $(Fe,Mn)WO_4$	أحادى الميل	٧,٣١	شبه فلزى ، قزحى الغطاء ، منشورى مُخَدَّش الأوجه ، أو كتل محبب ، له تشقق واحد . يتكسر فى الماء الملكى . أو حامض الكبريتيك

أ = رمادى / أسود   ب = أحمر / برتقالى   جـ = أصفر / أخضر   د = أزرق / قرمزى

تابع معادن ذات لمعان فلزي (Metallic Luster)

أ	ب	جـ	د	الصلادة	الاسم والتركيب الكيميائي	الشكل البلوري	الكثافة النوعية	ملاحظـــــات
								أو ببطء في حامض الايدروكلوريك ، يوجد في عروق متشعبة أو في مناطق التحول الحراري أو في رواسب البرقة .
×				٤,— ٤,٥	بلاتين Platinum (Pt)	مكعبي	١٩,—	معتم ، قابل للطرق والسحب ، يتكون في شكل حبيبات أو حراشيف (Scales) في الصخور النارية فوق القاعدية ، وفي رواسب البرقة .
×	×	×		٥,— ٥,٥	جوثايت Goethite alfa Fe (HO) O	معيني	٣,٣٠ ٤,٢٩	شبه فلزي . له مخدش أصفر اللون ، كتل ، ليفي . الخ ، حريري ، رايتنجي ، يذوب في حامض الايدروكلوريك ، من نواتج عوامل التجوية .
×				٥,— ٥,٥	نيكلين Nickeline Ni As	سداسي	٧,٧٨	معتم ، يتغطى عادة بطبقة يتردد لونها ما بين الرمادي وحمرة النحاس الباهتة ، له مخدش مائل إلى اللون البني ، ويذوب في الماء الملكي ، ويتواجد في عروق الكبريت والزرنيخ .
×	×			٥,— ٦,—	برونزايت Bronzite $(Mg-Fe)_2$ $Si_2 O_6$	معيني	٣,٣٠ ٣,٤٥	شبه فلزي ، برونزي اللون ، له محتوى حديدي سيليكي ١٢ - ٣٠ ، يوجد في الصخور النارية القاعدية وفوق القاعدية وفي بعض الصخور المتحولة .

أ = رمادي / أسود   ب = أحمر / برتقالي   جـ = أصفر / أخضر   د = أزرق / قرمزي

تابع معادن ذات لمعان فلزى (Metallic Luster)

أ	ب	حـ	د	الصلادة	الاسم والتركيب الكيميائى	الشكل البلورى	الكثافة النوعية	ملاحظـــات
×				٥,— ٦,—	إلمينايت Ilmenite $Fe Ti O_3$	سداسى	٤,٦٨ ٤,٧٦	شبه فلزى ، معتم ، صفائحى ، يتواجد فى شكل عروق أو على شكل رواسب منتثرة مترابطة مع صخور الجابرو والديورايت .
	×			٥,— ٦,—	هيماتايت Hematite alfa $Fe_2 O_3$	سداسى	٥,٢٦	له بريق معدنى أرضى ، له تخدش أو حكاكة لونها أحمر ، صفائحى ، محبب ، يذوب فى حامض الايدروكلوريك ، يوجد فى تكوينات رسوبية حديدية ويندر تواجده فى عروق .
×	×			٥,— ٦,—	يورانينايت Uraninite UO_2	مكعبى	٠,٦٣	شبه فلزى معتم ، يندر تواجده فى شكل ثمانى الاضلاع وقد يتكون بشكل كلوى (البتشبلند) .. الخ كتل ، له بريق شحمى داكن ، مشع ، يتواجد فى صخور البجماتايت وفى العروق عالية حرارة التكوين إلى متوسطتها .
×				٥,٥	كرومايت Chromite $Fe Cr_2 O_4$	مكعبى	٤,٥٠ ٤,٨٠	شبه فلزى ، كتل ، حبيبى ، له خاصية مغناطيسية ضعيفة ، يتواجد فى الصخور الغنية بمعدن الأوليفين ، واللذى يكون غالبا قد تحول إلى سربنتين .
×	×		×	٥,٥	كوبالايت Cobaltite Co As S	مكعبى	٦,٣٣	معتم ، لونه أبيض فضى محمر ، أو قد يكون فى رمادية الصلب الضارب إلى البنفسجى ، يشبه معدن البايرايت فى هيئته ، له تشقق مكعبى ، يتكسر فى حامض النتريك ، يتواجد منتثراً فى رواسب المحاليل المائية عالية الحرارة ، وكذا فى العروق .
			×	٥,٥ ٦,—	أناتيز Anatase $Ti O_2$	رباعى	٣,٩٠	شبه فلزى ، له تخدش أصفر باهت ، هرمى حاد ، راتينجى ، له تشقق هرمى وقاعدى ، يتحول بالتسخين إلى معدن روتايل . يتواجد

أ = رمادى / أسود ب = أحمر / برتقالى جـ = أصفر / أخضر د = أزرق / قرمزى

تابع معادن ذات لمعان فلزى (Metallic Luster)

أ	ب	جـ	د	الصلادة	الاسم والتركيب الكيميائى	الشكل البلورى	الكثافة النوعية	ملاحظـــات
								فى العروق أو كمعدن إضافى فى الصخور النارية (المعادن الإضافية هى التى تتواجد فى الصخور بكميات ضئيلة ، وهى قليلة الأهمية من حيث تركيب الصخر بالنسبة لمعادنه الأصلية حتى أن وجودها أو غيابها لا يؤثر فى تعريف الصخر أو تصنيفه) . كذلك يتواجد المعدن فى الرسوبيات الحتاتية أو الفتاتية (وهى التى تتكون من كسرات الصخور) .
×		×		٥,٥ ٦,—	آرزينوبايرايت Arsenopyrite Fe. As. S	أحادى الميل	٦,٥٥ ٦,٨٥	معتم ، له لون فى بياض الفضة أو فى رمادية الصلب ، منشورى ، يتكسر فى حامض النتريك ، واسع الانتشار فى رواسب الخامات وصخور البجماتايت .
×				٥,٥ ٦,٥	ماجنتايت Magnetite Fe. Fe_2 O_4	مكعبى	٥,١٨	شبه فلزى ، له حكاكة سوداء ، مثمن الأضلاع ، حبيبى يتجزأ ثمانياً ، يذوب بصعوبة فى حامض الايدروكلوريك يتميز بقوة مغناطيسيته . واسع الانتشار .
×	×			٦,—	كولمبايت Columbite (Fe-Mn)Nb_2 O_4	معينى	٥,١٥ ٥,٢٥	شبه فلزى ، يتكون فى سلسلة مع معدن تنتلايت ، له خدش يتردد لونه ما بين الأحمر والأسود ، ويتغطى بغطاء قزحى اللون ، صفائحى ، منشورى ، له تشققان ، هش ، يتواجد فى صخور البجماتايت الجرانيتية .
×	×	×	×	٦,— ٦,٥	روتايل Rutile Ti O_2	رباعى	٤,٥١ ٤,٢٥	شبه فلزى ، منشورى مخدش ، راتينجى ، له تشقق فقير ، يتواجد فى العروق ، وكمعدن اضافى فى الصخور النارية والمتحولة .

أ = رمادى / أسود ب = أحمر / برتقالى جـ = أصفر / أخضر د = أزرق / قرمزى

تابع معادن ذات لمعان فلزى (Metallic Luster)

أ	ب	حـ	د	الصلادة	الاسم والتركيب الكيميائى	الشكل البلورى	الكثافة النوعية	ملاحظـــات
		×		٦,— ٦,٥	ماركازايت Marcasite $Fe\ S_2$	معينى	٤,٨٩	معتم ، فى بياض القصدير ، أو صُفرة البرونز ، صفائحى ، يتكون فى أشكال تشبه عرف الديك ، ويتواجد فى الرواسب الحامضية منخفضة حرارة التكوين .
		×		٦,— ٦,٥	بايرايت Pyrite $Fe\ S_2$	مكعبى	٤,٨٢ ٥,٠٢	معتم ، فى صفرة النحاس ، يتكون على هيئة مكعبات أو ذوات الأثنى عشر وجهاً ، كتل غير مستو ، يذوب حين يسحق فى حامض النتريك ، واسع الانتشار .
	×			٦,— ٦,٥	تنتالايت Tantalite $(Fe.Mn)\ Ta_2\ O_6$	معينى	٧,٩٠ ٨,—	شبه فلزى ، يتكون فى سلسلة مع معدن كولمبايت ، ويتواجد فى صخور البجماتايت .
×	×	×		٦,— ٧,-	كاسترايت Cassiterite $Sn\ O_2$	رباعى	٦,٩٩	شبه فلزى ، يتكون على شكل كتل متجمعة شعاعية ، له بريق راتينجى معتم ، يوجد فى عروق المعادن المتكونة فى حرارة عالية وكذلك فى الجريسن (grisen) وهو ناتج عملية تغييرية فى الصخور تسمى الجرسنة (gerisinisation) والتى تتم بفعل المحاليل المائية الحارة المحملة بعناصر بعينها على الصخور التى تندفع إليها تلك المحاليل أو الغازات المتبقية من المراحل الأخيرة لتطور الصهارة .

أ = رمادى / أسود   ب = أحمر / برتقالى   حـ = أصفر / أخضر   د = أزرق / قرمزى

تابع معادن ذات لمعان فلزى (Metallic Luster)

أ	ب	جـ	د	الصلادة	الاسم والتركيب الكيميائى	الشكل البلورى	الكثافة النوعية	ملاحظـــات
×	×	×	×	١	طلق Talc $Mg_3\ Si_4O_{10}\ (OH)_2$	احادى الميل	٢,٥٨ ٢,٨٣	ورقى ، كتل ، له تشقق قاعدى ، قابل للفصل والقطع ، له ملمس صابونى ، لؤلؤى ، يتواجد فى صخور الشيست والصخور النارية المتحولة .
×		×	×	١,— ٢,—	فيرميكيولايت Vermculite $(Mg.Fe.Al)_3\ (Al.Si)_4\ O_{10}\ (OH)_2 .\ 4H_2O.$	احادى الميل	٢,٢٠ ٢,٤٠	برونزى ، ميكائى (أى ينفصل بسهولة إلى صفائح رقيقة مرنة) ، كذلك يتصفح مع انتفاخ بالحرارة ، يتأثر بالأحماض مع وجود متبقيات سيليكية . ينتج عن تغير البايوتايت . قد يتكون من تأثير المرحلة المائية الحرارية ، أو كنتائج من نواتج عمليات التجوية .
×		×	×	١,— ٢,—	مونتموريللونايت Montmorillonite $(Na.Ca)_{0.33}\ (Al.Mg)_2\ Si_4\ O_{10}\ (OH)_2\ n\ H_2O.$	احادى الميل	٢,٢٠ ٢,٧٠	صفائح غير منتظمة أو سداسية الشكل (الطين المنتفخ النائىء) . ينتج عن تغير الصخور الغنية بالماغنسيوم والكالسيوم والفقيرة فى البوتاسيوم (ظروف قلوية) وكذا التربات والبنتونايتات وغيرها .
×		×	×	١,— ٢,—	بيروفيللايت Pyrophyllite $Al_2\ Si_4\ O_{10}\ (OH)_2$	احادى الميل	٢,٦٥ ٢,٩٠	يوجد فى هيئة رقائقية أو صفائحية ، يتشقق إلى صفائح غير مرنة ، يتكسر جزئياً فى حامض الكبريتيك . يتواجد فى العروق ، وقليلاً فى صخور الشيست .
		×	×	١,— ٣,—	طين Clay سيليكات الألمنيوم المائية المعقدة .	احادى الميل	١,٨٥ ٣,—	الطين هذا ، اسم أعطى للعديد من سيليكات الألمنيوم المائية مع القلويات أو القلويات الأرضية ، فى وجود أو عدم وجود عنصرى الماغنسيوم أو الحديد . والمسميات هنا لم يستقر الرأى عليها بعد . وغالبيتها تعرف بوسائل مجهرية . فالتجمعات دقيقة الحبيبات المتماسكة أو التى بالكاد تتماسك فى ليونة وهى مبللة ،

أ = رمادى / أسود ب = أحمر / برتقالى جـ = أصفر / أخضر د = أزرق / قرمزى

معادن ذات بريق لا فلزى (Non metallic Luster)

ملاحظـــــات	الكثافة النوعية	الشكل البلورى	الاسم والتركيب الكيميائى	الصلادة	هـ	د	جـ	ب	أ
والتى تفقد مياهها عند التسخين ، بعضها لها خاصية الامتصاص ، وقد يكون من نواتج عمليات التجوية أو التغير المائى الحرارى ، أو ناتج عن التحات والتفتت الصخرى أو العمليات المابعدية (Diagenesis) .									
يكون سائلاً فوق درجة صفر مئوية (٣٢° ف) وتحت درجة مائة مئوية (٢١٢° ف) .	٠,٩٢	سداسى	ثلج Ice H_2O	١,٥	×				
يوجد فى أشكال معينية ، متلبسا فى الصخور ، له تشقق زجاجى . يتواجد فى التربات الجافة فى المناطق المحمية ، وله مذاق التبريد .	٢,٢٤ ٢,٢٩	سداسى	نيتراتايت Nitratite $Na\,NO_3$	١,٥		×	×	×	
له هيئات منشورية أو مستديرة أو كروية ، زجاجى قاتم ، يتشقق إلى صفائح لدنة ، يسود حين يتعرض للضوء ، يذوب فى الأحماض ، يعتبر معدناً اضافياً متعدد التواجدات .	٢,٦٧ ٢,٦٩	أحادى الميل	فيفيانايت Vivianite $Fe_3\,(PO_4)_2$ $8H_2\,O$	١,٥ ٢,—	×				×
يتردد ما بين الأحمر والأصفر إلى الشحمى الراتينجى ، يتكسر بحامض النتريك . يتواجد فى عروق الرصاص والفضة والذهب .		احادى الميل	ريالجار Realgar As.S	١,٥ ٢,—			×	×	
لونه قزحى نوعاً ما ، وتخدشه رمادى ، له تشقق واحد إلى صفائح لدنة . ناتج عن تغير كبريتيدات النحاس .	٤,٦٠ ٤,٧٦	سداسى	كوفيللايت Covellite Cu S	١,٥ ٢,—			×	×	

أ = أخضر / أزرق / قرمزى   ب = أصفر / بنى   جـ = أحمر / برتقالى

هـ = عديم اللون / أبيض

تابع معادن ذات لمعان فلزى (Metallic Luster)

ا	ب	حـ	د	الصلادة	الاسم والتركيب الكيميائى	الشكل البلورى	الكثافة النوعية	ملاحظـــات
	×	×		١,٥ ٢,٥	كبريت Sulfur S	معينى	٢,٠٧	محارى أو صدفانى ، غير مستو ، هش ، يحترق يلهب أزرق ويعطى رائحة لازعة ، يذوب فى كبريتيد الكربون (CS_2) ، يتواجد عند البراكين ، وكذلك الرواسب .
×		×	×	—,٢	ميلانتيرايت Melanterite $FeSO_4\,7H_2O$	أحادى الميل	١,٨٤ ١,٩٠	يوجد على شكل هوابط (وهى أعمدة اسطوانية أو مخروطية من رواسب معدنية تكون فى العادة من الكالسايت أو الأراجونايت ، وتهبط تدريجياً من اسقف المغارات) أو على شكل قشور ... الخ . زجاجى اللمعان ، متشقق ، له مذاق معدنى حلو وقابض . يكون مكشفه فى الهواء الجاف مبيض اللون ضارب إلى الصفرة أو العتمة .
×	×	×	×	—,٢	سيلفايت Sulvite K Cl	مكعبى	١,٩٨ —,٢	مكعبى حبيبى ، زجاجى ، تشققه مكعبى ، طعمه مر لازع ، يتكون فى رواسب المتبخرات .
×	×			٢	نايتر Niter KnO_3	معينى	٢,١٠ ٢,١١	يتواجد على شكل قشور أو حبيبات ، زجاجى ، متشقق ، مالح له طعم التبريد ، يتواجد فى الكهوف .
×	×	×	×	٢	هالايت Hilite Na Cl	مكعبى	٢,١٧	مكعبى حبيبى ، زجاجى ، له تشقق مكعبى ، مالح الطعم ، يتواجد فى رواسب المتبخرات .
×	×	×	×	٢	جبس Gupsum $CaSo_4.2H_2O$	أحادى الميل	٢,١٣ ٢,٣٢	صفائحى ، كتلى ، شبه زجاجى إلى لؤلؤى ، له ثلاثة تشققات فقيرة وآخر لدن وجيد . يذوب فى حامض

ا = رمادى / أسود ب = أحمر / برتقالى حـ = أصفر / أخضر د = أزرق / قرمزى

تابع معادن ذات لمعان فلزى (Metallic Luster)

أ	ب	جـ	د	الصلادة	الاسم والتركيب الكيميائى	الشكل البلورى	الكثافة النوعية	ملاحظـــات
								الايدروكلوريك . يتكون فى راقات رسوبية وحول العيون الساخنة .. الخ .
		×	×	٢	جلوكونايت Glauconite $(K.Na)(Fe.Al.Mg)(SiAl)_4 O_{10}(OH)_2$	أحادى الميل	٢,٤٠ ٢,٩٥	صفائح فى شكل حبيبات مستديرة ، يتفاعل مع حامض الهيدركلوريك . يتواجد فى الرواسب البحرية على شكل رمال خضراء . يوجد بكثرة مع حديد الواحات البحرية .
	×		×	٢,— ٢,٥	إبسومايت Epsomite $Mg SO_4.7H_2O$	معينى	١,٦٨	يتكون على شكل قشور ، زجاجى أرضى ، متشقق ، مر المذاق أو قد يكون مالحاً .
×			×	٢,— ٢,٥	بوراكس Borax $Na_2 B_4 O_7 10H_2O$	أحادى الميل	١,٧١ ١,٧٢	يشبه معدن البيروكسين فى هيئته البلورية ، أرضى زجاجى ، متشقق ، حلو المذاق ، يذوب فى الماء ليعطى محلولاً قلوياً ، يتكون فى رواسب البحيرات المالحة .
×	×	×	×	٢,— ٢,٥	كاؤلينايت Kaolinite $Al_2 Si_2 O_5 (OH)_4$	× ثلاثى الميل	٢,٦٠ ٢,٦٨	ناتج تغير الفلسبارات فى ظروف حامضية ، وقد يتكون كذلك بالمحاليل المائية الحارة ، أو كناتج من نواتج عوامل التجوية .
	×	×	×	٢,٥ ٢,٥	فلوجوبايت Phlogobite $K Mg_3 Si_3 Al O_{10} (F.OH)_2$	أحادى	٢,٧٦ ٢,٩٠	مايكاماغنيسية ، يتفاعل مع حامض الأيدروكلوريك ، يتكون فى الأحجار الجيرية المتحولة بالحرارة . كذلك يتواجد فى الصخور النارية فوق القاعدية .
		×	×	٢,— ٢,٥	أوتيونايت Autunite	رباعى	٣,١٠ ٣,٢٠	صفائحى شبه متوازى ، متورق فى تجمعات قشرية مسننة ، زجاجى لؤلؤى ،

أ = رمادى / أسود ب = أحمر / برتقالى جـ = أصفر / أخضر د = أزرق / قرمزى

تابع معادن ذات بريق لا فلزى (Non metallic Luster)

أ	ب	جـ	د	هـ	الصلادة	الاسم والتركيب الكيميائى	الشكل البلورى	الكثافة النوعية	ملاحظـــات
						$Ca(UO_2)_2 (PO_4)_2$ 10-12 H_2O			له تشققان ، يذوب فى الأحماض ، له خاصية اللصف ، أو الاستشعاع باللون الأخضر المصفر ، ينتج عن تغير معادن اليورانيوم فى عروق البجماتايت .
	×	×	×		٢,— ٢,٥	سينابار Cinnabar HgS	سداسى	٨,٠٩	له حكاكة أو تخدش قرمزى ، لون راتينجى معتم ، يتواجد قريبا من البراكين ، وفى الرواسب الناتجة عن العيون الساخنة .
			×		٢,— ٣,—	كلورايت Chlorite Mg-Fe hydrous ahuminium Silicates	أحادى الميل	٣,٦٠ ٣,٣٠	اسم مجموعة معدنية لم يستقر الرأى بعد على مسميات لغالبية مفرداتها . تتكون فى هيئة صفائح متثرة ، لؤلؤية ، تتشقق تشققاً واحداً جيداً إلى شرائح لدنه ، تتكسر فى حامض كبريتيك يغلى . تعتبر من نواتج التغير بالمحاليل المائية الحرارية ، وكذلك التحول منخفض درجة الحرارة . كما تتواجد فى الفتاتيات المنقولة .
			×	×	٢,— ٣,—	كاربوتايت Carnotite $K_2(UO_2)_2 (VO_4)_2$ $3H_2O$	أحادى الميل	٤,١٠	يوجد على هيئة مسحوق أو حراشيف أو بلورات دقيقة ، مظهره حريرى داكن ، له تشقق واحد ، يذوب فى الاحماض . يعتبر معدناً اضافياً أو ثانوياً فى الأحجار الرملية .
×	×	×	×	×	٢,— ٤,—	مايكا Mica سيليكات ألمونيوم مائية معقدة	أحادى الميل	٢,٤٠ ٣,٤٠	اسم لمجموعة معدنية غير مكتملة ، تُعرف بعض مفرداتها على أساس اللون . بلوراتها متثرة وتتخذ الشكل السداسى ، تتشقق تشققاً جيداً إلى صفائح لدنة تظهر عليها آثار الضغوط والصدمات . التواجدات الرئيسية للمايكا تتحدد

أ = أخضر / أزرق / قرمزى ب = أصفر / بنى جـ = أحمر / برتقالى
د = رمادى / أسود هـ = عديم اللون / أبيض

تابع معادن ذات بريق لا فلزى (Non metallic Luster)

أ	ب	جـ	د	هـ	الصلادة	الاسم والتركيب الكيميائى	الشكل البلورى	الكثافة النوعية	ملاحظـــات
									بنوعيات : بايوتايت ، موسكوفايت ، فلوجوبايت ، ليبيدولايت . باراجونايت .
×	×		×	×	٢,— ٤,—	بوكسايت Bauxite		٢,— ٣,٥	اسم حقل لمواد غنية بأكاسيد الألمنيوم المائية .
	×		×		٢,— ٦,٥	واد Wad	أحادى الميل	٢,٨٠ ٤,٤٠	اسم حقل لأكاسيد المنجنيز المائية ، غير معروفة الهوية (رواسب منجنيز) .
	×		×		٢,٥	كريزوتايل [illegible] [illegible]	أحادى الميل	٢,٢	ليفى ، بعضه يتخذ هيئة الأسبستوس ، معدن ثانوى أو اضافى يشيع تواجده فى العروق .
					٢,٥	باراجونايت Paragonite $Na\,Al_2\,(Si_3\,Al)\,O_{10}\,(OH)_2$	أحادى الميل	٢,٨٥	مايكا صودية ، يُفرق بينها وبين الموسكوفايت بالطرق الكيميائية أو بالأشعة السينية ، تنتشر فى صخور الشيست والفيللايت كما قد تتواجد فى العروق .
	×	×	×		٢,٥ ٣,—	بايوتايت Biotite $K\,(Mg.Fe)_3\,(Al.Fe)\,Si_3\,O_{10}\,(OH.F)_2$	أحادى الميل	٢,٧٠ ٣,٣٠	مايكا حديدية ماغنيسية ، تتفاعل مع ، ويذهب لونها ، بحامض الكبريتيك ، تتواجد فى الصخور النارية الحامضية والبجماتايتية والمتحولة .
					٢,٥ ٣,—	سيريسايت Sericite	أحادى	٢,٧٧ ٢,٨٨	مايكا صودية وبوتاسية دقيقة الحبيبات بيضاء اللون ، تتواجد فى الصخور النارية المتغيرة ، وكذا فى الصخور المتحولة .

أ = أخضر / أزرق / قرمزى　　ب = أصفر / بنى　　جـ = أحمر / برتقالى
د = رمادى / أسود　　هـ = عديم اللون / أبيض

تابع معادن ذات بريق لا فلزى (Non metallic Luster)

ملاحظـــــات	الكثافة النوعية	الشكل البلورى	الاسم والتركيب الكيميائى	الصلادة	هـ	د	جـ	ب	أ
يتكون فى أشكال منشورية أو كتلية .. الخ. زجاجى معتم متشقق ، محارى ، متقطع ، يوجد كمعدن ثانوى ، وفى الغطاءات الحديدية (جوسان) (Gossan) وهى رواسب حديدية توجد فى الأجزاء العليا لبعض رواسب الخامات المعدنية ويتكون المعدن بالتأكسد وبالتخلص من الكبريت أو النحاس أو غير ذلك من العناصر . ويدخل فى تركيبه أكاسيد الحديد ، والمائية منها بوجه خاص .	٥,٩٦ ٦,٠٢	أحادى الميل	كروكويت Crocoite $PbCrO_4$			×	×		
منشورى ، شعرى ، راتينجى ، محارانى والبعض له مظهر طباقى متمركز ، يذوب فى حامض النتريك معطياً لوناً أصفرا ، أو فى حامض الايدروكلوريك معطياً لوناً أخضرا ، يتواجد فى الطباق المؤكسدة من رواسب الرصاص .	٦,٨٨	سداسى	فانادينايت Venadinite $Pb_5(VO_4)_3Cl$	٢,٥ ٣,—		×	×		
صفائحى ، هرمى مزدوج ، كتل ، حبيبى ، شحمى راتينجى ، متشقق إلى سطوح غير مستوية ، يتكسر فى حامض الايدروكلوريك والنتريك ، ويذوب فى حامض الكبريتيك والقلويات ، يتواجد فى الطباق ثانوية التأكسد للصخور الحاملة للرصاص والموليبدنيوم .	٦,٥ ٧,—	رباعى	ولفينايت Wulfenite $Pb\,Mo\,O_4$	٢,٥ ٣,—	×	×	×		
صفائحى أو على شكل حلمات الأثداء ، لؤلؤى إلى زجاجى ، له تشقق واحد ، ورائحة تشبه رائحة الطين عندما يُندى أو	٢,٣٠ ٢,٤٢	أحادى الميل	جبسايت Gibbsite $Al(OH)_3$	٢,٥ ٣,—	×	×		×	×

أ = أخضر / أزرق / قرمزى ب = أصفر / بنى جـ = أحمر / برتقالى

د = رمادى / أسود هـ = عديم اللون / أبيض

تابع معادن ذات بريق لا فلزى (Non metallic Luster)

أ	ب	جـ	د	هـ	الصلادة	الاسم والتركيب الكيميائى	الشكل البلورى	الكثافة النوعية	ملاحظـــات
									يُملل بالماء ، ناتج من نواتج عوامل التجـوية ، ويـوجـد فى رواسب البوكسايت ، وفى عروق تتكون فى درجات حرارة منخفضة .
						سربنتين Serpentine $(Mg.Fe.Al)_3 (SiAl)_4 O_{10}(OH)_2 . 4H_2O$	أحادى الميل	٢,٥٠ ٢,٦٠	اسم مجموعة معدنية ، مسميات فرائدها لم يستقر الأمر بشأنها بعد ، تتكون فى هيئة كتلية أو على شاكلة الأسبستوس ، شحمى ، راتينجى ، جيلاتين ، بعض معادنها يضوى بلون مصفر . تعتبر ناتجها من نواتج التغير لسيليكات الماغنسيوم ، مثل معدن الأوليفين ، كما تتواجد فى العروق .
		×	×		٢,٥ ٣,٥	جاروسايت Jarosite $KFe_3 (SO_4)_2 (OH)_6)$	سداسى	٢,٩١ ٣,٢٦	يتكون على شكل حراشيف أو حبيبات ... الخ ، راتينجى ، له تشقق واحد ، يذوب فى حامض الايدروكلوريك ، أكثر تواجداته فى الخامات والصخور الحاملة لمعدن الحديد .
×	×			×	٢,٥ ٤,—	موسكوفايت Muscovite $KAl_2 (Si_3Al) O_{10} (OH)_2$	أحادى الميل	٢,٧٧ ٢,٨٨	مايكا بوتاسية ، ويعتبر واحد من المعادن الشائعة فى تكوين الصخور ، وبخاصة الصخور النارية الحامضية والجرونس ، وكذلك المتحولة الصادر عنها غاز الفلورين .
×		×			٢,٥ ٤,—	ليبيدولايت Lepidolite	أحادى الميل	٢,٨٠ ٢,٩٠	مايكالية أى تحتوى على عنصر الليثيوم ، تتكون فى بلورات صفائحية أو على شكل

أ = أخضر / أزرق / قرمزى   ب = أصفر / بنى   جـ = أحمر / برتقالى

و = رمادى / أسود   هـ = عديم اللون / أبيض

تابع معادن ذات بريق لا فلزى (Non metallic Luster)

أ	ب	جـ	د	هـ	الصلادة	الاسم والتركيب الكيميائى	الشكل البلورى	الكثافة النوعية	ملاحظـــــات
						$K(LiAl)_3$ $(Si.Al)_4$ O_{10} $(F.OH)_2$			تجمعات من قشور صغيرة ، يمكن تمييزها من معدن الموسكوفايت حين يكون وردى اللون ، بواسطة التحليلات الكيميائية أو بالأشعة السينية ، معدن نادر الوجود ، وإن وجد ففى الصخور البجماتايتية الحاملة لمعدن الليثيوم .
×	×	×	×	×	٣,—	كالسايت Calcite $(Ca\ Co_3)$	سداسى	٢,٧١	يتكون فى بلورات ذوات هيئة ثلاثية متغيرة ، أو فى هيئة كتلية ، زجاجى إلى لؤلؤى ، يتشقق إلى أشكال معينية ، بعضه له خاصية الاستشعاع والتضوء الفوسفورى أو الحرارى.يحدث ، فوران مع حامض الايدروكلوريك المخفف ، واسع الانتشار فى العروق والصخور المتنوعة .
×	×		×	×	٣,— ٣,٥	لومونتايت Laumontite $Ca\ Al_2\ Si_4\ O_{12}$ $4H_2O.$	احادى الميل	٢,٢٠ ٢,٣٠	له تشقق جيد ومنتظم فى اتجاهات ثلاثة ، يهلم (يتحول إلى هلام جيلاتيفى) ، يملأ الفجوات فى العديد من الصخور .
×	×		×	×	٣,— ٣,٥	سيليستايت Celestite $Sr\ So_4$	معينى	٣,٩٦ ٣,٩٨	يتردد لونه ما بين عديم اللون إلى مزرق نوعا ما ، صفائحى ، زجاجى ، لؤلؤى ، ثلاثى التشقق، بعضه يلصف أو يستشعع (أى يشع مستمداً الشعاع من مصدر آخر) وقد يتميز بالتألق الحرارى (وهى خاصية تميز الكثير من المعادن التى تضىء عند تسخينها ، ويحدث هذا نتيجة لانطلاق الطاقة المخزونة عندما تغير الالكترونات مواضعها فى التركيب الذرى (Thermo luminescence) ، يذوب

أ = أخضر / أزرق / قرمزى　　ب = أصفر / بنى　　جـ = أحمر / برتقالى

د = رمادى / أسود　　هـ = عديم اللون / أبيض

تابع معادن ذات بريق لا فلزى (Non metallic Luster)

أ	ب	جـ	د	هـ	الصلادة	الاسم والتركيب الكيميائى	الشكل البلورى	الكثافة النوعية	ملاحظات
									قليلا فى الماء ، يتواجد فى الصخور الرسوبية وبخاصة مع الأحجار الجيرية والجبس ، كما قد يتواجد فى العروق .
×	×		×	×	٣,— ٣,٥	وذرايت Withrite $BaCO_3$	معينى	٤,٢٩	سداسى كاذب ، كرى الشكل .. الخ ، زجاجى ، يستشعع مشبهاً فى ذلك معدن الأراجونايت ، يذوب فى حامض الايدروكلوريك ، ويتواجد فى العروق .
×	×	×	×	×	٣,— ٣,٥	بارايت Barite $BaSO_4$	معينى	٤,٥٠	صفائحى ، كتلى .. الخ ، زجاجى لؤلؤى ، يتشقق ، بعضه يستشعع ، وبعضه يتألق بالحرارة ، والبعض يصدر رائحة كريهة حين يدعك أو يدلك باليد ، شائع التواجد فى العروق وفى الصخور الرسوبية ، وقد يوجد مالئاً لفجوات فى الصخور النارية .
		×	×		٣,— ٣,٥	جرينوكايت Greenockite CdS	سداسى	٤,٩٠	بلورات نصف هرمية ، راتينجى شحمى ، يذوب فى حامض الايدروكلوريك ، يوجد مغطياً لحوائط مناجم الزنك .
×	×			×	٣,— ٣,٥	سيروسايت Cerussite $PbCO_3$	معينى	٦,٥٣ ٦,٥٧	يتكون فى هيئة ركامية أو على شكل عناقيد توأمية ، أو قد يتكون فى هيئة كتلية ، راتينجى شحمى ، متشقق ، يستشعع بصفرة بفعل الأشعة السينية أو فوق البنفسجية . يتواجد فى المناطق المتأكسدة من الرواسب المحتوية على معدن الرصاص .

أ = أخضر / أزرق / قرمزى	ب = أصفر / بنى	جـ = أحمر / برتقالى
د = رمادى / أسود	هـ = عديم اللون / أبيض

تابع معادن ذات بريق لا فلزى (Non metallic Luster)

أ	ب	جـ	د	هـ	الصلادة	الاسم والتركيب الكيميائى	الشكل البلورى	الكثافة النوعية	ملاحظـــات
×	×		×	×	٣,— ٤,—	وافيللايت Wavellite $Al_3(PO_4)_2(Oh.F)_3\ 5H_2O$.	معينى	٢,٣٦	يتكون فى هيئة ألياف شعاعية أو تجمعات نجمية ، أو حراشيف قشرية ، زجاجى لؤلؤى ، متشقق الوجود يذوب فى الأحماض ، معدن ثانوى ، شائع الوجود فى الصخور المختلفة ، وبالأخص الفوسفاتية والليمونايت .. الخ .
	×	×	×	×	٣,— ٤,—	ستلبنوميلين Stilpnomelane $K(FeAl)_{10}Si_{12}O_{30}(OH)_{12}$	أحادى الميل	٢,٥٩ ٢,٩٦	ميكائى (ولكن مع وجود تشقق ثان متعامد على الأول) ، يذوب فى حامض الايدروكلوريك + حامض الكبريتيك ١ : ١ ، يتواجد فى صخور التحول منخفض الدرجة .
×	×	×	×	×	٣,— ٤,—	زيولايت Zoolite سيليكات الألمنيوم الصودية و/أو الكالسية المائية .	متعدد	١,٩٠ ٢,٤٥	الكثير من هذه المجموعة لم يعرف مجهرياً بعد ، تتكون فى هيئات متعددة (ليفية ، حزمية .. الخ) لؤلؤية زجاجية ، شبه محارية أو صدفانية ، بعضها يستشع برتقاليا أو بلون يتردد ما بين الأخضر والأصفر ، معادن هذه المجموعة دائما مترددة ما بين التميؤ وعدمه (بمعنى أن الماء يمكن أن يخرج أو يطرد منها دون تحطم البناء الذرى) . توجد معادن هذه المجموعة ثانويا فى الأماكن المفتوحة ، وعادة يتواجد اثنان أو أكثر من تلك الأنواع فى فجوات صخور البازلت . مثل ذلك التواجد يُشار إليه بترابطات الزيولايت (Zoolite assoctation) .
	×	×		×	٣,٥	أنهيدرايت Anhydrite	معينى	٢,٩٨	يتكون فى هيئة كتلية أو حبيبية أو ليفية ، زجاجى لؤلؤى ، له تشقق ثلاثة ، يذوب

أ = أخضر / أزرق / قرمزى — ب = أصفر / بنى — جـ = أحمر / برتقالى

د = رمادى / أسود — هـ = عديم اللون / أبيض

تابع معادن ذات بريق لا فلزى (Non metallic Luster)

أ	ب	جـ	د	هـ	الصلادة	الاسم والتركيب الكيميائى	الشكل البلورى	الكثافة النوعية	ملاحظات
						$CaSO_4$			فى الأحماض ويتواجد فى الصخور الرسوبية .
×	×	×	×	×	٣,٥	سترونشيانايت Strontianite $SrCO_3$	معينى	٣,٦٤ ٣,٧٨	يتواجد فى العروق على هيئة الرماح أو الحراب ، وقد يتكون كذلك فى هيئة كتلية ، زجاجى ، متشقق ، يستشعع مثل الأراجونايت ، يذوب فى حامض الايدروكلوريك .
×	×		×	×	٣,٥ ٤,—	هيولاندايت Heulandite $(Na\ Ca)_{2\text{-}3}\ Al_3\ (Al.Si)_2\ Si_{13}\ O_{36}\ 12H_2O$.	أحادى الميل	٢,١٠ ٢,٢٠	تجمعات نصالية أو صفائحية على شكل التابوت أو النعش ، ترابط زيولايتى .
×		×	×		٣,٥ ٤,—	ستلبايت Stilbite $Sb_2\ S_2$	أحادى الميل	٢,١٠ ٢,٢٠	تجمعات نصالية أو حزمية تشقق واحد جيد ، يتكسر مع حامض الايدركلوريك . . ترابط زيولايتى .
		×	×	×	٣,٥ ٤,—	دولومايت Dolomite $Ca\ Mg\ (CO_3)_2$	سداسى	٢,٨٤ ٢,٨٦	يتكون فى هيئة بلورات معينية الشكل مقوسة الأوجه ، وقد يتكون فى هيئة حبيبية . زجاجى لؤلؤى ، له تقشقق معينى ، البعض منه يستشعع ، يحدث فوران إذا كان مسحوقاً مع حامض الايدروكلوريك الدافىء . يتواجد فى الصخور الرسوبية وعلى شكل بلورات فى فجوات الصخور . . الخ .
	×	×	×	×	٣,٥ ٤,—	آلونايت Alunite	سداسى	٢,٦٠ ٢,٩٠	هيئة حبيبية أو كتلية ، زجاجى لؤلؤى ، متشقق ، يذوب فى حامض الكبريتيك ،

أ = أخضر / أزرق / قرمزى   ب = أصفر / بنى   جـ = أحمر / برتقالى
د = رمادى / أسود   هـ = عديم اللون / أبيض

تابع معادن ذات بريق لا فلزى (Non metallic Luster)

ملاحظـــــات	الكثافة النوعية	الشكل البلورى	الاسم والتركيب الكيميائى	الصلادة	هـ	د	جـ	ب	أ
يوجد كنائج لتغير الصخور بالمحاليل المائية الحرارية فيما يسمى بعملية الألنتة . Alunitized rocks)			$KAl_3(SO_4)_2(OH)_6$						
يتكون فى بلورات لها هيئة إبرية (بلورات دقيقة مفرطة فى الطول بالنسبة لأبعادها المستعرضة فتبدو على هيئة الإبر) ، أو قد يتكون فى هيئة ليفية (خيطية) شعاعية ، أو على شكل هوابط ، زجاجى ، متشقق ، متشعع (بتأثير الأشعة فوق البنفسجية أو السينية أو بسالحزم الالكترونية) ، يتضوأ حرارياً ، يحدث فوران مع الأحماض . يتواجد فى رواسب درجات الحرارة المنخفضة .	٢,٩٤ ٢,٩٥	معينى	أراجونايت Aragonite $CaCO_3$	٣,٥ ٤,—	×	×	×	×	×
يوجد على هيئة تلبسات أو حلمات الأثداء (نتوءات نصف كروية) ، زجاجى ، معتم ، متشقق ، يذوب فى الأحماض ، يتواجد فى المناطق المتأكسدة من الرواسب الحاملة للنحاس .	٣,٦٠ ٤,٠٥	أحادى الميل	مالاكايت Malachite $Cu_2(CO_3)(OH)_3$	٣,٥ ٤,—	×			×	
حبيبى ، عنقودى (بلورات تشبه فى مظهرها الخارجى عنقود العنب)، زجاجى لؤلؤى ، تشقق معينى ، يفور مع الأحماض الساخنة ، يتواجد فى العروق .	٣,٧٠	سداسى	رودوكروزايت Rhodochrosite $MnCO_3$	٣,٥ ٤,—			×	×	
تجمعات صفائحية ، زجاجى ، متشقق ، يذوب فى الأحماض ، يتواجد فى المناطق الثانوية من الرواسب الحاملة لمعدن النحاس .	٣,٧٧	أحادى الميل	آزورايت Azurite $Cu_3(CO_3)_2(OH)_2$	٣,٥ ٤,—	×				

أ = اخضر / أزرق / قرمزى   ب = أصفر / بنى   جـ = أحمر / برتقالى

د = رمادى / أسود   هـ = عديم اللون / أبيض

تابع معادن ذات بريق لا فلزى (Non metallic Luster)

أ	ب	جـ	د	هـ	الصلادة	الاسم والتركيب الكيميائى	الشكل البلورى	الكثافة النوعية	ملاحظـــات
	×				٣,٥ ٤,ــ	كوبرايت Cuprite Cu_2O	مكعبى	٦,٤٠	بعضه شبه فلزى ، مثمن ، كتل ، شعرى ، يتواجد بكثرة فى المناطق المتأكسدة من الرواسب الحاملة لمعدن النحاس .
×	×	×	×	×	٣,٥ ٤,ــ	بيرومورفايت Pyromorphite $Pb\ O_5\ (PO_4)_3\ Cl.$	سداسى	٧,ــ ٧,٠٨	يتكون فى هيئة منشورات أو كرات .. الخ ، راتينجى ، له تشقق معينى وغير مستوٍ ، يذوب فى حامض النتريك ، يتواجد فى المناطق المؤكسدة من الرواسب الحاملة لمعدن الرصاص .
×			×		٣,٥ ٤,ــ	ميميتايت Mimetite $Pb_5\ (AsO_4)_3\ Cl$	سداسى	٧,٢٤	يتكون فى هيئة منشورية أو إبرية أو كروية .. الخ ، راتينجى ، له تشقق معينى غير مستوٍ ، يذوب فى حامض النتريك ، يتواجد فى المناطق المؤكسدة من الرواسب الحاوية لمعدن الرصاص .
×	×		×		٣,٥ ٤,٥	ماجنزايت Magnesite $Mg\ CO_3$	سداسى	٢,٩٨ ٣,٠٢	يتكون فى هيئة حبيبية أو معينية ، زجاجى ، له تشقق معينى ، يستشع باللون الأخضر أو الأزرق ، يذوب فى حامض الإيدروكلوريك الساخن ، يتواجد كنائج تغير الصخور الغنية بعنصر الماغنسيوم .
×	×	×	×	×	٣,٥ ٤,٥	سيدرايت Siderite $Fe\ CO_3$	سداسى	٣,٩٥ ٣,٩٨	يتكون عادة فى هيئة كتلية أو معينية .. الخ ، بينما يكون مغطى فى كثير من الأحيان بطبقة قزحية اللون ، زجاجى ، يتشقق معينياً ، يذوب فى الأحماض الساخنة . معدن رسوبى ، وقد يتواجد كذلك فى العروق .

أ = أخضر / أزرق / قرمزى   ب = أصفر / بنى   جـ = أحمر / برتقالى

د = رمادى / أسود   هـ = عديم اللون / أبيض

تابع معادن ذات بريق لا فلزى (Non metallic Luster)

أ	ب	جـ	د	هـ	الصلاده	الاسم والتركيب الكيميائى	الشكل البلورى	الكثافة النوعية	ملاحظـــات
×	×	×	×	×	٤,—	فلورايت Fluorite CaF_2 .	مكعبى	٣,١٨	يتكون فى هيئة بلورات مكعبية أو كتلية الشكل ، زجاجى ، له تشقق مثمن (ثمانى الأوجه) . البعض منه يتشمع قرمزياً ، يتكسر فى حامض الكبريتيك . واسع الانتشار فى العروق ، ومالئ للفجوات أو منتثر فى الصخور النارية .
	×				٤,—	مانجانايت Manganite $MnO(OH)$	أحادى الميل	٤,٣٢ ٤,٣٤	شبه فلزى ، له تخدش أو حكاكة حمراء إلى بنية اللون ، يتكون على هيئة منشورات مُخدَّشة الأوجه ، له تشقق ثلاثى . يلوب فى حامض الايدروكلوريك ، يتواجد فى رواسب الحرارة المنخفضة .
×				×	٤,— ٤,٥	فاريزسايت Variscite $AlPO_4.2H_2O$	معينى	٢,٢٠ ٢,٥٧	عُقدى أو كتل (ذو عقد أو كتيلات) ، أو قد يتكون على هيئة كِسَرات ، البعض منه يبدى اللون السماوى ، شمعى ، له تشققان ، يبدو وكأنه يكون من شظايا ، وقد يكون محارياً أو صدفانياً ،يلوب فى القلويات ، يتواجد فى الترسيبات السطحية أو القريبة من السطح وفى فجوات صخور مثل البريشة . (Breccias) .
×	×	×	×	×	٤,— ٤.٥	سميثونايت Smithonite $ZnCO_3$	سداسى	٦,٤٠ ٤,٤٥	يتكون فى هيئة عنقودية أو كتلية ، زجاجى لؤلؤى ، تشقق معينى ، البعض منه يتشمع باخضرار أو بزرقة ، يفور مع الأحماض ، يعتبر معدن ثانوى فى المناطق المؤكسدة من الرواسب الحاملة للزنك .

أ = أخضر / أزرق / قرمزى — ب = أصفر / بنى — جـ = أحمر / برتقالى

د = رمادى / أسود — هـ = عديم اللون / أبيض

تابع معادن ذات بريق لا فلزى (Non metallic Luster)

ا	ب	جـ	د	هـ	الصلاده	الاسم والتركيب الكيميائى	الشكل البلورى	الكثافة النوعية	ملاحظـــات
	×		×		٤,— ٤,٥	ولفرامايت Walframite $(Fe.Mn)WO_4$	أحادى الميل	٧,٣١	شبه فلزى ، يتغطى بطبقة قزحية اللون ، يتكون فى هيئة منشورية أو متساوية الأضلاع المخدشة ، فى هيئة حبيبية أو كتلية .. الخ ، له تشقق واحد ، يتكسر فى الماء الملكى وحامض الكبريتيك أو حامض الايدروكلوريك وببطء ، يتواجد فى العروق المختلفة ومع التحول التلاصقى وفى واسب البرقة (Placers) .
	×	×	×		٤,— ٥,٥	ليمونايت Limonite		٢,٧٠ ٤,٣٠	اسم حقل الأكاسيد الحديد المائية غير المؤكدة الهوية .
×		×	×	×	٤,٥	شابازايت Chabazite $Ca\ Al_2\ Si_4\ O_{12}\ 6H_2\ O$		٢,٠٥ ٢,١٠	يتكون فى هيئة معينات تقارب أن تكون مكعبات ، ذوات تشقق معينى ، يتكسر فى حامض الايدروكلوريك يعتبر مترابطاً مع معادن الزيولايت ، ومالئ لفجوات الصخور .
×					٤,٥ ٥,—	أبوفيللايت Apophyllite $KCa_4\ (Si_4O_{10})_2\ (OH.F)$.	رباعى	٢,٣٣ ٢,٣٧	يتكون فى هيئة منشورات زجاجية ذوات فوائد لؤلؤية ، له تشقق قاعدى جيد وآخر منشورى فقير، يتكسر فى حامض الإيدركلوريك ، مع ترك متبقيات سيليكية ، معدن ثانوى يتواجد فى فجوات الصخور ويترابط عادة مع مجموعة الزيولايت .. الخ .
×			×	×	٤,٥ ٥,—	بيكتولايت Pectolite $Na\ Ca_2\ Si_3.O_8\ (HO)$.	أحادى الميل	٢,٨٦ ٢,٩٠	تجمعات مشعة ، له تشقق ثنائى جيد ، والكثير منه يستشعع برتقاليا . يترابط مع معـادن الـزيـولايت فى الفجـوات الصخرية .

ا = أخضر / أزرق / قرمزى   ب = أصفر / بنى   جـ = أحمر / برتقالى

د = رمادى / أسود   هـ = عديم اللون / أبيض .

تابع معادن ذات بريق لا فلزى (Non metallic Luster)

أ	ب	جـ	د	هـ	الصلادة	الاسم والتركيب الكيميائى	الشكل البلورى	الكثافة النوعية	ملاحظـــات
×	×			×	٤,٥ ٥,—	ولاستونايت Wollastonite $CaSiO_3$	أحادى الميل	٢,٨٧ ٣,٠٩	يتكون فى هيئة صفائحية أو كتلية ، يتشقق بزوايا ٨٤°-٩٦° ، يتكسر فى حامض الايدروكلوريك ، يستشع من الأصفر إلى البرتقالى ، يتواجد فى الأحجار الجيرية المتحولة بالحرارة .
×	×	×	×	×	٤,٥ ٥,—	شيلايت Scheelite $CaWO_4$	رباعى	٦,٠٨ ٦,١٢	يتكون فى بلورات على شكل هرم ثنائى ، أو فى هيئة حبيبية أو كتلية ، زجاجى ، يتشقق دون تساوٍ ، يتكسر فى حامض الهيدروكلوريك والنتريك ، ويتشعع بزرقة مع الأشعة السينية وفوق البنفسجية وأشعة الكا ثود ، ويتضوأ حرارياً ، ويتواجد فى عروق درجات الحرارة العالية ، والقواطع الوتدية والجريسن ، وصخور متحولة بالحرارة .
×	×	×	×		٥,—	ناترولايت Natrolite $Na_2Al_2Si_3O_{10}.2H_2O$	معينى	٢,٢٠ ٢,٢٦	تجمعات ليفية أو إبرية ، يتشقق منشورياً هلامى ، مترابط مع مجموعة الزيولايت .
×	×		×		٥ —	سوليسايت Scolecite $CaAl_2Si_3O_{10}.3H_2O$	أحادى الميل	٢,٢٥ ٢,٢٩	يتكون فى مجموعات ليفية أو فى هيئة منشورات رقيقة مُخَدَّشة ، له تشقق منشورى ، هلامى ، مترابط مع الزيولايت ، وكذلك قد يتواجد بفعل المحاليل المائية الحارة وفى الصخور الكلسية المتحولة .
×	×	×	×	×	٥,—	أباتايت	سداسى	٢,٨٠	اسم لمجموعة معدنية غالبيتها غير معرفة

أ = أخضر / أزرق / قرمزى ب = أصفر / بنى جـ = أحمر / برتقالى

د = رمادى / أسود هـ = عديم اللون / أبيض

تابع معادن ذات بريق لا فلزى (Non metallic Luster)

أ	ب	جـ	د	هـ	الصلادة	الاسم والتركيب الكيميائى	الشكل البلورى	الكثافة النوعية	ملاحظـــات
						Apatite ~ $Cl_5 (PO_4)_3$ (F.cl.OH).		٣,٢٠	جيداً جهرياً ، تتكون على هيئة منشورات عادية باستدارة نوعاً ما ، أو فى هيئة كتلية أو محببة ، زجاجى ، يذوب فى الأحماض ، البعض منه يتشمع بصُفرة برتقالية ، يتواجد فى الصخور النارية والعروق وصخور البجماتايت .
×	×			×	٥,—	هيميمورفايت Hemimorphite $Zn_4Si_2O_7(OH)_2.H_2O$.	معينى ١	٣,٤٥	يتكون فى هيئة بلورات من الطائفة النصفية المزدوجة ، حزمية أو حلمية ، له تشققان جيد وفقير ، جيلاتينى الملمس ، يعطى كهرباء حرارية والبعض يتشمع بخضرة باهتة . يتواجد فى الرواسب الحاملة لمعدن الزنك .
×			×	×	٥,—	تيتانايت Titanite (Sphene) $Ca Ti Si O_5$	أحادى الميل	٣,٤٥ ٣,٥٥	يتكون فى هيئة بلورات وتدية ثنائية ، أو فى هيئة كتلية أو حبيبية ، راتبنجى ، يتغير إلى معدن ليكوزين (Leucoxene) ، ويتكسر فى حامض الكبريتيك ، يعتبر معدناً إضافياً شائعاً فى الصخور النارية المتحولة .
×		×	×		٥,— ٥,٥	ثومبسونايت Thompsonite $NaCa_2 Al_5 Si_5 O_{20}.6H_2O$.	معينى	٢,١٠ ٢,٣٩	مجموعة ليفية وقد يتكون كذلك فى هيئة كتل كروية شعاعية ، جيلاتينى ، يكتسب خاصية الكهرباء الحرارية ، مترابط مع الزيولايت .
×		×	×	×	٥,— ٥,٥	داتولايت Datolite $Ca B SiO_4 (OH)$.	أحادى الميل	٢,٩٦ ٣,—	من عديم اللون إلى مبيض ، زجاجى ، لؤلؤى ، جيلاتينى ، يعتبر معدناً ثانوياً مع مجموعة الزيولايت فى فجوات الصخور .

أ = اخضر / أزرق / قرمزى — ب = أصفر / بنى — جـ = أحمر / برتقالى

د = رمادى / أسود — هـ = عديم اللون / أبيض

تابع معادن ذات بريق لا فلزى (Non metallic Luster)

أ	ب	جـ	د	هـ	الصلادة	الاسم والتركيب الكيميائى	الشكل البلورى	الكثافة النوعية	ملاحظـــات
		×	×		٥,ـــ ٥,٥	جوثايت Goethite alfa-Fe O (OH)	معينى	٣,٣٠ ٤,٩٠	شبه فلزى مُخَدِّش ، مصفر ، فى هيئة كتلية أو ليفية .. الخ ، حريرى إلى راتينجى ، يذوب فى حامض الإيدروكلوريك ، يعتبر شائع التواجد فى نواتج عمليات التجوية .
×		×	×	×	٥ــــ ٥,٥	مونازايت Monazite (Ce,La,Nd,Th) PO_4.	أحادى الميل	٤,٦٠ ٥,٤٠	صفائحى مُخَدِّش ، شمعى راتينجى ، متشقق دون استواء ، يتكسر ببطء فى الأحماض ، يتكون كمعدن اضافى فى الصخور الجرانيتية والصخور النايسية (Gneissic) وصخور البجماتايت ، كما قد يتواجد ذلك فى كسرات الصخور الرسوبية .
						سكابولايت Scapolite $(Na,Ca)_4$ $[(Al,Si)_4 O_8]_3$ (Cl,CO_3).	رباعى	٢,٢٠ ٢,٧٨	اسم لمجموعة معدنية غالبيتها غير معرفة مجهرياً ، إلا أن الكثافة النوعية قد تكون عامل تمييز بين مفرداتها ، تتكون على هيئة منشورات مستطيلة مُخدشة . كما قد يتواجد المعدن كذلك على هيئة تجمعات بلورية كبيرة وخشنة ، شبه محارى ، له تشقق فقير يعطى أسطحا ذوات مظهر مُخدش غير منتظم ، ومن هذه المجموعة معدن ماريالايت (Marialite) غير قابل للذوبان فى حامض الايدروكلوريك ، بينما منها أيضا معدن ميونايت (Mionite) يتكسر فيه ، عالبية معادن المجموعة تتشعع مع الأشعة فوق البنفسجية بلون أصفر أو أحمر . تتواجد هذه المجموعة فى الصخور الجيرية المتحولة حراريا ، وكذلك فى صخور البجماتايت .

أ = اخضر / أزرق / قرمزى — ب = أصفر / بنى — جـ = أحمر / برتقالى

د = رمادى / أسود — هـ = عديم اللون / أبيض

تابع معادن ذات بريق لا فلزى (Non metallic Luster)

أ	ب	جـ	د	هـ	الصلادة	الاسم والتركيب الكيميائى	الشكل البلورى	الكثافة النوعية	ملاحظات
	×			×	٥,— ٦,—	تركواز Turquoise $Cu Al_6(PO_4)_4 . (OH)_8 . 4H_2 O.$		٢,٦٠ ٢,٨٤	يتكون فى هيئة حراشيف أو هوابط وينلر كبلورات ، شمعى مزدوج التشقق ، يذوب بصعوبة فى حامض الايدروكلوريك ، يتواجد فى الصخور الألومينية المجواة فى المناطق الجافة .
	×			×	٥,— ٦,—	هورنبلند Hornblende (amphibole) $Ca(Mg Fe)_4 Al(Si_7Al) O_{22} (oH.F)_2$	أحادى الميل	٣,— ٣,٤٠	معدن من معادن الأمفيبول يتردد لونه ما بين الأسود والأخضر ، ويتواجد فى الصخور النارية .
			×	×	٥,— ٦,—	برونزايت Bronzite (orthopyroxene) Mg-Fe Silicat	معينى	٣,٣٠ ٣,٤٥	شبه فلزى برونزى (Fs 12-13) يتواجد فى الصخور النارية القاعدية وفوق القاعدية ، والبعض منه يتواجد فى هيئة فلزية .
×				×	٥,٥ ٦,—	تريمولايت - أكتينولايت Tremolite-actinolite (amphibole) $Ca_2 (MgFe)_5 Si_8 O_{22} (OH)_2.$	أحادى الميل	٢,٩٨ ٣,٤٦	يتواجد فى الأحجار الجيرية والدولوميتية الحاملة للميتاسيليكات (Metasilicates) ، وكذلك فى الصخور النارية الفوق قاعدية والمتحولة فى درجات حرارة منخفضة .
	×	×	×	×	٥,— ٦,—	أمفيبول Amphibole	أحادى الميل	٢,٨٥ ٣,٥٧	اسم لمجموعة معدنية لم يستقر بشأنها الأمر بعد ، غالبيتها غير معرف مجهرياً ، إلا أن

أ = أخضر / أزرق / قرمزى ب = أصفر / بنى جـ = أحمر / برتقالى

د = رمادى / أسود هـ = عديم اللون / أبيض

تابع معادن ذات بريق لا فلزى (Non metallic Luster)

أ	ب	جـ	د	هـ	الصلادة	الاسم والتركيب الكيميائى	الشكل البلورى	الكثافة النوعية	ملاحظـــات
						سيليكات مائية معقدة لمعادن Mg,Fe± Ca or Na (Al, etc.)	+ معينى		التمييز بينها ممكن باللون أو بكيفية التواجد ، تتكون فى هيئة بلورات طويلة واهية أو هيفاء ، تتشقق معادنها منشوريا وبزوايا ٥٦°- ١٢٤° ، تذوب ببطء فى حامض الإيدروكلوريك ، تتحول إلى بيوتايت و/أو كلورايت . تتواجد فى الصخور النارية والمتحولة وفى العروق .
	×		×	×	٥,— ٦,—	هيبرستين Hypersthene (orthopyrxenc)	معينى	٣,٤٣ ٣,٦٠	يتواجد فى الصخور النارية القاعدية (مثل نورايت (norite) وفى الصخور النارية فوق القاعدية ، وقد يتكون البعض منه فى الصخور المتحولة (Fs 30-50) .
	×	×	×		٥,— ٦,—	هيماتايت Hematite Alfa Fe_2O_3	سداسى	٥,٢٦	أرضى ، بلورات مخدشة ، وحكاكته حمراء ، نصالى أو حبيبى الهيئة ، يذوب فى حامض الايدروكلوريك ، يتواجد فى التكوينات الحديدية الرسوبية ، ويندر تواجده فى العروق .
	×			×	٥,— ٦,٥	يورانينايت Uraninite UO_2	مكعبى	١٠,٦٣	شبه فلزى معتم ، مثمن .. الخ ، يتواجد فى هيئة كتلية ، شحمى داكن ، مشع ، يوجد فى صخور البجماتايت والعروق ذات المنشأ الحرارى المتوسط إلى العالى .
	×		×		٥,— ٦,٥	أللانايت Allanite $(Ce,Ca,Y)_2$ (Al.Fe) $Si_3O_{12}(OH)$.	أحادى الميل	٢,٨٠ ٤,٢٠	شبـه شفيـف (نصـف شفـاف) ، صفائحى ، إبرى ، كتلى ، قارى (معتم كالقار) ، راتينجى ، شبه محارى أو صدفانى ، مشع ، جيلاتينى ، يتواجد كمعدن إضافى فى الصخور الناريـة والبجماتايتية .

أ = أخضر / أزرق / قرمزى ب = أصفر / بنى جـ = أحمر / برتقالى

د = رمادى / أسود هـ = عديم اللون / أبيض

تابع معادن ذات بريق لا فلزى (Non metallic Luster)

أ	ب	جـ	د	هـ	الصلادة	الاسم والتركيب الكيميائى	الشكل البلورى	الكثافة النوعية	ملاحظـــات
	×	×	×	×	٥,— ٧,—	بيروكسين Pyroxene (سيليكات معقدة)	أحادى الميل + معينى	٢,٩٦ ٣,٩٦	اسم لمجموعة معادن بعضها لم يستقر الرأى بشأنها بعد والكثير منها لم يُعرف مجهريا ، بينما ظروف التواجد قد تفرق بين البعض منها ، لها تشقق منشورى بزوايا ٩٢°- ٨٧° ، وقد تتكون فى هيئة منشورات صغيرة قصيرة . تتغير إلى الأمفيبول ، تتواجد فى الصخور النارية والمتحولة .
			×	×	٥,— ٧,—	أوليفين Olivine $(Mg\ Fe)_2\ SiO_4$	معينى	٣,٢٢ ٤,٣٩	اسم لمجموعة معدنية من سلسلة (Fayalite-Forsterite , Glancochroite, Fayalite-tephroite, Monticellite) - تتكون فى هيئة كتلية حبيبية أو منتثرة ، محارية جيلاتينية ، عادة تتحول إلى معدن سربنتين ، تتواجد فى الصخور النارية القاعدية وفوق القاعدية المتحولة حرارياً .
×		×			٥,٥	أنالسيم Analcime $Na\ Al\ Si_2\ O_6.\ H_2\ O$	مكعبى	٢,٢٤ ٢,٢٩	يتكون فى هيئة كتلية حبيبية ، له تشقق مكعبى فقير ، جيلاتينى ، يوجد فى لوزات البازلت (وهى فراغات غازية عديدة مملوءة بمعادن ثانوية مثل الكالسايت والسيليكا تكون أنصل لوناً من مادة الصخر ، وتتخذ هيئة اللوز وشكله عادة) .
	×		×	×	٥,٥	أوجايت Ougite (Clinopyroxene)	أحادى الميل	٣,٧٤ ٣,٨٥	وهو المعدن البيروكسينى الشائع فى الصخور النارية شبه القلوية مثل صخور الجابرو .

أ = أخضر / أزرق / قرمزي ب = أصفر / بنى جـ = أحمر / برتقالى

د = رمادى / أسود هـ = عديم اللون / أبيض

تابع معادن ذات بريق لا فلزى (Non metallic Luster)

أ	ب	جـ	د	هـ	الصلادة	الاسم والتركيب الكيميائى	الشكل البلورى	الكثافة النوعية	ملاحظـــات
						(Ca Na) (Mg-.Fe.Al,Ti) $(Si\ Al)_2\ O_6$			
		×	×	×	٥,٥ ٦,—	صودالايت Sodalite $Na_8Al_6Si_6O_{24}Cl_2$	مكعبى	٢,٢٧ ٢,٣٣	يتكون فى هيئة بلورات من ذوات الاثنى عشر وجها (dodechahedron) (وهو شكل بلورى من طائفة رباعى سداسية الأوجه من النظام البلورى المكعبى المقفل يتكون من اثنى عشر وجها تشبه فى ظاهرها وجوه ذى الاثنى عشر وجها معينا من الطائفة السوية من النظام البلورى المكعب والدليل (٠١١) . . كذلك يتكون فى هيئة كتلية ، ويتشقق بنفس الهيئة البلورية السابقة تشققاً فقيراً ، جيلاتيفى البعض منه يتشعع فى صفرة برتقالية ، يتواجد فى الصخور الحاملة لمعدن النيفلين ، يذوب فى حامض النتريك . وعند تبخير المحلول الناتج ببطء ، تتبقى بلورات من الهالايت (كلوريد الصوديوم) .
×	×				٥,٥ ٦,—	نيفيلين Nepheline $(Na,K)\ Al\ SiO_4$	سداسى	٢,٥٦ ٢,٦٧	يتكون فى هيئة صفائحية أو منشورية ، زجـاجى ، شحمى ، يتشـقق إلى منشورات جيدة وأخرى قاعدية فقيرة ، جيلاتيفى ، يتشعع برتقاليا ، يمكن التفرقة بيـنـه وبـين معـدنى (Kaliaphilite,Kalslite) بواسطة الأشعة السينية . يتواجد فى الصخور النارية القلوية الغنية بمعدن الصوديوم وبالقرب من الصخور المتحولة .

أ = أخضر / أزرق / قرمزى   ب = أصفر / بنى   جـ = أحمر / برتقالى

د = رمادى / أسود   هـ = عديم اللون / أبيض

تابع معادن ذات بريق لا فلزى (Non metallic Luster)

أ	ب	جـ	د	هـ	الصلادة	الاسم والتركيب الكيميائى	الشكل البلورى	الكثافة النوعية	ملاحظـــات
×	×		×	×	٥,٥ —,٦	أنثوفيللايت Anthophylite (amphibole) $(Mg\ Fe)_7\ Si_8\ O_{22}\ (OH)_2$	معينى	٢,٨٥ ٣,٥٧	يتكـون مع معـدن كـورديـرايت (Cordierite) فى صخور النايس ومع معدن الطلق (Talc) فى الصخور النارية فوق القاعدية المتحولة .
×	×	×	×	×	٥,٥ —,٦	أمبليجونايت Amplygonite $(LiNa)Al(PO_4)$ (F.OH)	ثلاثى الميل	٣,١١	يتكون فى هيئة بلورات متساوية الأبعاد أو فى هيئة كتل كبيرة ، زجاجى ، لؤلؤى ، متشقق ، يذوب بصعوبة فى الأحماض ، يتواجد فى صخور البجماتايت .
×	×	×	×	×	٥,٥ ٦,٥	أوبال Opal $SiO_2.n\ H_2O$	غير متبلور	١,٨٠ ٢,٢٥	راتينجى ، لؤلؤى ، كتل ، أو على شكل حراشيف كحلمات الأثداء ، عارى يذوب فى حامض الايدروكلوريك وفى القلويات الكاوية ، البعض منه يتشعع بصفرة مخضرة ، يتلبس فى الصخـور وفى الفجوات وبخاصة فى الصخور البركانية .
					٥,٥ —,٦	ديوبسايد Diopside (clinopyroxene) $Ca\ Mg\ Si_2\ O_6$	أحادى الميل	٣,٢٢ ٣,٣٨	بعض الأنواع فاتحة اللون منه تتشعع بزرقة ، وقد يكون ذى لون أخضر باهت مبيض ، يتواجد فى الصخور السيليكية ، والكربوناتية المتحولة .
		×			٥,٥ ٦,٥	رودونايت Rhodonite (Mn,Fe,Mg,Ca) SiO_3	ثلاثى الميل	٣,٥٧ ٣,٧٦	صفائحى ، وعادة ما تكون صفائح غير منتظمة أو فى هيئة كتلية . يتغير بسهولة إلى أكاسيد منجنيز سوداء اللون .
	×			×	٥,٥ ٦,٥	ماجنتايت Magnatite	مكعبى	٥,١٨	شبه فلزى ، من سلسلة ماجنتايت فى مجموعة سبنل (Spinel) ، يتكون فى

أ = أخضر / أزرق / قرمزى　　ب = أصفر / بنى　　جـ = أحمر / برتقالى

د = رمادى / أسود　　هـ = عديم اللون / أبيض

تابع معادن ذات بريق لا فلزى (Non metallic Luster)

أ	ب	جـ	د	هـ	الصلادة	الاسم والتركيب الكيميائى	الشكل البلورى	الكثافة النوعية	ملاحظـــات
						$Fe\ Fe_2\ O_3$			بلورات مثمنة أو حبيبية ، كما يتجزء ثمانياً ، يذوب بصعوبة فى حامض الايدروكلوريك ، له مغناطيسية قوية .. واسع الانتشار .
×	×		×		٦,—	ساندين Sanidine (Feldspar) $K\ Al\ Si_3\ D_8$	أحادى الميل	٢,٥٦ ٢,٦٢	صفائحى ، زجاجى ، محدد بخواصه الضوئية يوجد فى الصخور البركانية .
×	×			×	٦,—	لاوزونايت Lawsonite $Ca\ Al_2\ Si_2\ O_7\ (OH)_2 .\ H_2\ O.$	معينى	٣,٠٥ ٣,١٠	منشورى صفائحى ، له تشققان جيدان وآخر فقير ، يوجد فى صخور الشيست منخفضة الدرجة مثل جلوكوفين Glaucophane .
				×	٦,—	جلوكوفين Glaucophane (amphibole) $Na_2\ (Mg.Fe)_3\ Al_2\ Si_8\ O_{22}\ (OH)_2$	أحادى الميل	٣,٠٨ ٣,٣٠	يتواجد هذا المعدن مع سابقه ، فى صخور الشيست والنايس ، وخاصة الغنية منها بمعدن الصوديوم .
		×			٦,—	هيومايت Humite $(Mg.Fe)_7\ (SiO_4)_3\ (F.OH)_2$	معينى	٣,٢٠ ٣,٣٢	يطلق هذا الاسم على مجموعة معدنية ، وهو فى ذات الوقت اسم لواحد منها ، ويتكون فى حبيبات غير منتظمة الشكل ، زجاجى راتينجى جيلاتينى ، يشبه الأوليفين ويتواجد فى الصخور الدولومايتية والجيرية المتحولة حرارياً .

أ = أخضر / أزرق / قرمزى   ب = أصفر / بنى   جـ = أحمر / برتقالى

د = رمادى / أسود   هـ = عديم اللون / أبيض

تابع معادن ذات بريق لا فلزى (Non metallic Luster)

ب	جـ	د	هـ	الصلاده	الاسم والتركيب الكيميائى	الشكل البلورى	الكثافة النوعية	ملاحظـــات
×	×	×	×	٦,—	زواسايت Zoisite $Ca_{1/4}\ Al_3\ (SiO_4)_3\ (OH)$	معينى	٣,١٥ ٣,٣٧	يتميز عن (Clinozoisite) بصفاته الضوئية أو بالأشعة السينية . ويعتبر معدن ثيولايت (Thiolite) نوعية قرمزية اللون منه .
	×	×	×	٦,—	جاديت Jadeite (Clingvroxene $Na\ (AlFe)\ Si_2\ O_6$	أحادى	٣,٢٤ ٣,٤٣	غير شائع نسبياً ، وإن وجد فمع معدن ألبايت فى الصخور المتحولة بالحرارة العالية ، وأحياناً المنخفضة الدرجة .
×	×	×	×	٦,—	إبيدوت Epidote $Ca_2\ (Al.Fe)_3\ (SiO_4)_3\ (OH)$	أحادى الميل	٣,٣٨ ٣,٤٩	إسم لمجموعة معدنية لم يتفق على مسميات مفرداتها ، مترابطة مع زواسايت والانايت (Zoisite, Allanite) ، أخضر قرمزى إلى بنى مخضر ، يتواجد فى العروق حيث يتكون فى بلورات مستطيلة رفيعة مُخَدَّرة أو مُحَزَّزة أو قد يتكون فى هيئة كتل حُبية ، يتواجد فى العروق والفجوات فى الصخور النارية والمتحولة إقليمياً .
			×	٦	اجيرين ـ أكمايت Aegirine-acmite (clinopyroxene) $Na\ Fe\ Si_2\ O_6$	أحادى الميل	٣,٤٠ ٣,٥٥	معدن بيروكسين نموذجى فى الصخور القلوية وبخاصة صخور سياناايت (Syenitic rocks) .
×		×		٦	بيجونايت Pigeonite (Clinopyroxene)	أحادى الميل	٣,٣٠ ٣,٤٦	بيروكسينى شائع فى العديد من صخور الجابرو دقيقة الحبيبات ، وفى صخور البازلت .

أ = أخضر / أزرق / قرمزى ب = أصفر / بنى جـ = أحمر / برتقالى
د = رمادى / أسود هـ = عديم اللون / أبيض

تابع معادن ذات بريق لا فلزى (Non metallic Luster)

أ	ب	جـ	د	هـ	الصلادة	الاسم والتركيب الكيميائى	الشكل البلورى	الكثافة النوعية	ملاحظـــات
						(Mg Fe Ca) (Mg Fe) $Si_2 O_6$			
	×	×	×		٦,—	كولمبايت Columbite $Fe Nb_2 O_6$	معينى	٥,١٥ ٥,٢٥	يكوّن سلسلة مع معدن تانتالايت (Tentalite) شبه فلزى ، له حكاكة حمراء مسودة ، يتغطى بطلاء قزحى اللون ، صفائحى ، منشورى ، ثنائى التشقق هش ، يتواجد فى صخور البجماتايت الجرانيتى .
×	×			×	٦,— ٦,٥	ألبايت Albite (Plagioclase) $Na Al Si_3 O_8$	ثلاثى الميل	٢,٥٧ ٢,٦٣	(An 0-10) ، انظر الفلسبارات ، يوجد فى الصّخـور الناريـة والمتحـولـة والبجماتايتية ، من أشكاله المختلفة معدنى (Moonstone and Cleavelandite) .
×	×	×	×	×	٦,— ٦,٥	أرثوكلاز Orthoclase (Feldspar) $K Al Si_3 O_8$	ثلاثى الميل	٢,٥٥ ٢,٦٣	يتميز عن معدن ميكروكلين بخواصه الضوئية ، يتواجد فى الصخور النارية الجوفية والبجماتايتيه .
	~	×	×	×	٦,— ٦,٥	ميكروكلين Microcline (Feldspar) $K Al Si_3 O_8$	ثلاثى الميل	٢,٥٦ ٢,٦٣	يتميز عن سابقه بالخواص الضوئية ، يتواجد فى الصخور النارية الجوفية والبجماتايتية .
×	×	×	×	×	٦,— ٦,٥	بيرثايت Perthite (Feldspar)	ثلاثى الميل	٢,٥٦ ٢,٦٥	يبدو مجهرياً كالأصابع المتشابكة بين ميكروكلين أو أرثوكلاز وبلاجيوكلاز وبشكل خاص ألبايت .

أ = أخضر / أزرق / قرمزى ب = أصفر / بنى جـ = أحمر / برتقالى
د = رمادى / أسود هـ = عديم اللون / أبيض

تابع معادن ذات بريق لا فلزى (Non metallic Luster)

ب	جـ	د	هـ	الصلادة	الاسم والتركيب الكيميائى	الشكل البلورى	الكثافة النوعية	ملاحظـــات
x	x	x	x	٦,— ٦,٥	أوليجوكلاز Oligoclase (Plagioclase)	ثلاثى الميل	٢,٦٢٠ ٢,٦٧	(An 10-30) ، انظر فلسبار ، يتواجد فى الصخور النارية الجوفية وقليل فى البجماتايتية ، ويعد معدن الشمس (Sunstone) نوعاً منه .
x			x	٦,— ٦,٥	أنديزين Andesine (Plagoclase)	ثلاثى الميل	٢,٦٤ ٢,٦٩	(An 30-50) انظر فلسبار ، يتواجد فى الصخور ذات المحتوى المتوسط من السيليكا .
x			x	٦,— ٦,٥	لابرادورايت Labradorite (Plagioclase)	ثلاثى الميل	٢,٦٨ ٢,٧٢	(An 50-70) يُعطى انعكاسات زرقاوية ، انظر فلسبار ، يتواجد فى الصخور النارية القاعدية .
x	x	x	x	٦,— ٦,٥	فلسبار Feldspar (Plagiclase Series) An Al Si_3 O_8- Cal Al Si_2 O_8, K Al Si_3 O_8		٢,٥٥ ٢,٣٩	يتضمن سلسلة البلاجيوكلاز (Na-Ca) والقلوية (K-Na) وفلسبارات الباريوم ، يعرف بسهولة بوسائل مجهرية . تتميز النماذج وحيدة الميل بأن لها تشققان بزاوية ٩٠° ، وإذا وجدت توأمه فتكون من النوع البسيط ، أما الأنواع ثلاثية الميل فلها تشققان ٤° ، ٩٠° ولها توأمة مركبة تعطى مظهراً مُخدشاً على بعض أوجه التشققات فى البلاجيوكلاز . تتواجد فى الصخور البجماتايتية والنارية والمتحولة ، وفى بعض الصخور الرسوبية كذلك .
		x	x	٦,— ٦,٥	بريهنايت Prehnite Ca_2 Al_2 Si_3 O_{10} $(OH)_2$	معينى	٢,٩٠ ٢,٩٥	يتكون من بلورات لها هيئة صحية وردية ، له تشقق واحد ،يذوب ببطء فى حامض الإيدروكلوريك يتواجد مالئاً الفجوات مع الزيولايت .

أ = اخضر / أزرق / قرمزى ب = أصفر / بنى جـ = أحمر / برتقالى
د = رمادى / أسود هـ = عديم اللون / أبيض

تابع معادن ذات بريق لا فلزى (Non metallic Luster)

أ	ب	جـ	د	هـ	الصلادة	الاسم والتركيب الكيميائى	الشكل البلورى	الكثافة النوعية	ملاحظـــات
	×	×	×	×	٦,— ٦,٥	روتايل Rutile TiO_2	رباعى	٤,٢١ ٤,٢٥	شبه فلزى ، منشورى مُخَدَّش ، له تشقق فقير ، يتواجد فى العروق وكمعدن إضافى فى الصخور النارية .
	×	×	×		٦,— ٦,٥	تنتالايت Tantalite $(Fe\ Mn)\ Ta_2O_6$	معينى	٧,٩٠ ٨,—	يكون مع معدن كولمبايت (Columbite) ، شبه فلزى ، يتواجد فى صخور البجماتايت .
		×	×	×	٦,— ٧,—	فيزوفيانايت Vesuvianite $Ca_{10}\ Mg_2\ Al_4\ (SiO_4)_5\ (Si_2\ O_7)\ (OH)_4$	رباعى	٣,٣٣ ٣,٤٣	يتكون فى هيئة منشورية أو كتلية ، له تشقق واحد فقير ، شبه محارى ، يتفاعل مع حامض الايدروكلوريك ، يتواجد فى الصخور الجيرية المتحولة بالحرارة .
	×	×	×		٦,— ٧,—	كاسيترايت Cassiterite $Sn\ O_2$	رباعى	٦,٩٩	شبه فلزى يتكون فى هيئة كتل متماسكة متشععة ، راتنجى داكن ، يتواجد فى عروق درجات الحرارة العالية وفى الجريـــن (greisens) .
	×	×	×		٦,— ٧,٥	بيروب Pyrope (Garnet) $Mg_3\ Al\ (SiO_4)_3$	مكعبى	٣,٥٨	نادر التكوين فى بلورات ، يتغير إلى معدن (Kelyphite) ، يتواجد فى الصخور النارية فوق القاعدية .
×			×	×	٦,— ٧,٥	جروسيولار Grossurar (Garanet) $Ca_3\ Al_2\ (SiO_4)_3$	مكعبى	٣,٥٩	جارنت كلسى ألومينى يتكون فى بلورات متساوية الأبعاد . يتواجد فى الصخور الجيرية المتحولة حرارياً أو اقليمياً .

أ = أخضر / أزرق / قرمزى   ب = أصفر / بنى   جـ = أحمر / برتقالى

د = رمادى / أسود   هـ = عديم اللون / أبيض

تابع معادن ذات بريق لا فلزى (Non metallic Luster)

ملاحظـــات	الكثافة النوعية	الشكل البلورى	الاسم والتركيب الكيميائى	الصلادة	هـ	د	جـ	ب	أ
جارنت كلسى حديدى تيتانى يتكون فى هيئة كروية ويتواجد فى الصخور الجيرية المتحولة حرارياً ، وكذلك فى الصخور النارية القلوية .	٢,٨٥ ٣,٥٧	مكعبى	أندرادايت Andradite (Garnet) (Ca_3 Fe_2 $(SiO_4)_3$	٦,— ٧,٥		×	×	×	
جارنت كلسى كرومى يتكون فى بلورات من ذوات الإثنى عشر وجهاً ، ويتواجد مع الكروم فى صخور السربنتين .	٣,٩٠	مكعبى	يوفاروفايت Uvarovite (Garnet) $Ca_3Cr_2(SiO_4)_3$	٦,— ٧,٥	×				
جارنت منجنيزى ألومينى ، يتكون فى بلورات ذوات هيئات متساوية (البلورات تتساوى فيها جميع الأوجه من حيث المساحة والأبعاد) . يتواجد فى الصخور المتحولة الغنية بعنصر المنجنيز ، وكذلك فى العروق والصخور البجماتايتية .	٤,١٩	مكعبى	سبسارتين spessartine (Garnat) $Mn_3Al_2(SiO_3)_3$	٦,— ٧,٥					
جارنت حديدى ألومينى ، يتكون فى هيئة كروية ويتواجد فى الصخور الطينية المتحولة ، ويندر تواجده فى الصخور النارية والبجماتايتية .	٤,٣٢	مكعبى	الماندين Almandine (Garnet) $Fe_3Al_2(SiO_4)_3$	٦,— ٧,٥		×	×	×	
اسم لمجموعة معدنية تعرّف على أساس تراكيبها الكيميائية ، وتتميز عن بعضها بكثافاتها النوعية ومسمياتها المجهرية ، تتكون فى هيئة بلورية متساوية أو فى هيئة كتلية ، زجاجية إلى معتمة ، تتجزء محارياً ، عديمة الذوبان ـ أو قد تذوب ببطء ـ فى حامض الايدروكلوريك .	٣,٥٨ ٤,٣٢	مكعبى	جارنت Garnet *Silicate of Fe,* Mg,Ca,ete...	٦,— ٧,٥		×		×	

أ = أخضر / أزرق / قرمزى   ب = أصفر / بنى   جـ = أحمر / برتقالى

د = رمادى / أسود   هـ = عديم اللون / أبيض

تابع معادن ذات بريق لا فلزى (Non metallic Luster)

أ	ب	جـ	د	هـ	الصلاده	الاسم والتركيب الكيميائى	الشكل البلورى	الكثافة النوعية	ملاحظـــــات
×	×	×	×	×		أجيت Agate SiO_2	سداسى	٢,٥٧ ٢,٦٤	كالسيدون مبرقش أو على شكل رقائق (مرو رقيق الحبيبات) وقد يوجد على شكل عقيدات فى صخور البازلت .
×	×	×	×	×		كالسـيدون Chalceldony SiO_2	سداسى	٢,٥٧ ٢,٦٤	يتكون فى هيئة بلورات رقيقة أو على شكل مرو ليفى دقيق أو على هيئة حلمات الأثداء فى عروق الحرارات المنخفضة وقد يتكون مالئا للفجوات الصخرية .
		×	×		٦,٥	كارنيليان Carnelian SiO_2	سداسى	٢,٥٧ ٢,٦٤	كالسيدون (مرو دقيق الحبيبات) يتردد لونه ما بين الأحمر ، والأحمر المشرب بالبنى .
×	×	×	×	×	٦,٥	كلينوزواسايت Clinozoisite $Ca_2 Al_3 (SiO_4)_3 (OH)$	أحادى الميل	٣,٢١ ٣,٣٨	هو المعدن الغنى بالكالسيوم والألمنيوم فى نهاية المجموعة المعدنية المسماة أبيدوت (Epidote) .
	×	×	×	×	٦,٥ ٧,—	جاسبر Jasper $Si O_2$	سداسى	٢,٥٧ ٢,٦٥	شبه شفيف ، البعض منه مبرقش أو على شكل راقات (كالسيدون) يوجد على شكل حبيبات دقيقة مالئة للفجوات .
×	×		×	×	٦,٥ ٧,—	سبوديومين Spodumene Chinopyroxene $Li Al Si_2 O_6$	أحادى الميل	٣,٠٣ ٣,٢٢	يتشعع بشكل عام ويتفسفر (يومض فسفورياً) باللون البرتقالى ، كما أنه يكتسب خاصية الكهرباء الحرارية ، ويتواجد فى الصخور البجماتايتية الحاملة لمعدن الليثيوم .

أ = أخضر / أزرق / قرمزى ب = أصفر / بنى جـ = أحمر / برتقالى

د = رمادى / إسود هـ = عديم اللون / أبيض

تابع معادن ذات بريق لا فلزى (Non metallic Luster)

أ	ب	جـ	د	هـ	الصلاده	الاسم والتركيب الكيميائى	الشكل البلورى	الكثافة النوعية	ملاحظـــات
×	×	×		×	٦,٥ ٧,٥	أندلوسايت Andalusite $Al_2\ Si\ O_5$	معينى	٣,١٣ ٣,١٦	خشن ، يتكون فى شبه منشورات ، عادة يكون متغيراً ويتواجد فى الصخور المتحولة حرارياً وإقليمياً .
×			×		٦ ٥ ٧,—	سيليمانايت Sillimanite $Al_2\ Si\ O_5$	معينى	٣,٢٣ ٣,٢٧	يتكون فى بلورات منشورية ، أو كتل ليفية أو خيطية ، زجاجى له تشقق واحد ، ويتواجد فى الصخور المتحولة ، بدرجة عالية .
×					٧,—	تريديمايت Tridymite SiO_2	معينى	٢,٢٥ ٢,٢٧	بلورات دقيقة نصالية ، زجاجى إلى لؤلؤى ، محارى ، يذوب فى محلول كربونات الصوديوم المغلى يتواجد فى البراكين التى تقذف بحمم سيليكية .
		×	×	×	٧,—	مرو (كورت أوكوارتز) Quartz SoO_2	سداسى	٢,٦٥	يتكون فى هيئة منشورات سداسية ذوات أطراف فردية أو ثنائية مُخَدَّشة عمودياً على طول البلورة (وهذا يتكون فى درجات حرارة منخفضة) أو على شكل هرمى مزدوج (يتكون فى درجات حرارة عالية) أو فى هيئة كتلية ، زجاجى ، محارى المكسر ، يذوب فى حامض الايدروكلوريك ، واسع الانتشار فى غالبية أنواع الصخور والعروق . ومن حيث اللون يمكن تميزه إلى : قرنفلى : مرو وردى أصفر : سترين (Citrine) قرمزى : أماثيست (Amethyst)

أ = أخضر / أزرق / قرمزى　　ب = أصفر / بنى　　جـ = أحمر / برتقالى

د = رمادى / أسود　　هـ = عديم اللون / أبيض

تابع معادن ذات بريق لا فلزى (Non metallic Luster)

أ	ب	جـ	د	هـ	الصلادة	الاسم والتركيب الكيميائى	الشكل البلورى	الكثافة النوعية	ملاحظـــات
									بنى رمادى : كايرنجروم (cairogrom) مدخن : مرو مدخن (Smoky)
×				×	٧,—	كورديرايت Cardierite $Mg_2 Al_4 Si_5 O_{18}$	معينى	٢,٥٣ ٢,٧٨	يتغير اللون بتغير الاتجاه ، يتكون على هيئة حبيبات منتثرة ، له تشقق واحد جيد ، يتواجد فى الصخور المتحولة
×		×	×	×		تورمالين Tourmaline complex borosili- cate	سداسى	٣,٠٣ ٣,٢٥	اسم المجموعة معدنية تتميز أنواعها بشكل عام مجهرياً وقد تتميز على أساس اللون : أسود : شورل[1] (Schorl) بنى : درافايت (Dravite) ثم قرنفل أو أخضر . . الخ . وقد يكون عديم اللون : إلبيت (Elbaite) ، يتكون فى بلورات منشوريا مستطيلة مُخَدَّشة ولها مقاطع عرضية تشبه المثلثات الكروية ، والبعض منه يظهر تمنطق ملون ومركزى . زجاجى إلى راتينجى ، هش ، يشحن كهربياً بالتبريد أو بالتسخين . الأنواع الغنية بعنصر الماغنسيوم تتشعع باللون الأصفر ، يتواجد فى الصخور البجماتايتية ، وعروق الحرارات العالية والصخور النارية والمتحولة .
	×				٧	شورل Schorl $Na\ Fe_3\ Al_6\ (BO_3)_3\ Si\ O_{18}\ (OH)_4$	سداسى	٣,١٠ ٣,٢٥	تورمالين صودى حديدى ، لونه أسود ، يتواجد فى الصخور النارية وصخور الشيست والنايس .

أ = أخضر / أزرق / قرمزى   ب = أصفر / بنى   جـ = أحمر / برتقالى
د = رمادى / أسود   هـ = عديم اللون / أبيض

تابع معادن ذات بريق لا فلزى (Non metallic Luster)

أ	ب	جـ	د	هـ	الصلاده	الاسم والتركيب الكيميائى	الشكل البلورى	الكثافة النوعية	ملاحظـــــات
		×	×		٧,٥	شتوررولايت Staurolite $(Fe\ Mg\ Zn)_2$ $Al_9\ (SiAl)_4\ O_{22}$ $(OH)_2$	معينى	٣,٧٤ ٣,٨٣	تنتشر فيه التوأمة المنشورية الصليبية ، يحترق إلى مسحوق ماغنسيوم ، يتواجد فى صخور الشيست والنايس .
×	×	×	×	×	٧,٥	زركون Zircon $Zr\ Si\ O_4$	رباعى	٤,٦٠ ٤,٧٠	منشورى الأطراف ، راتينجى ، البعض منه يتشعع بصفرة برتقالية ، يتواجد كمعدن إضافى فى الصخور النارية وفى الرمال .
×		×	×	×	٧,٥	بيريل Beryl $Be_3\ Al_2\ Si\ \ O_{18}$	سداسى	٢,٦٦ ٢,٨٣	يتكون على هيئة منشورات مُحَزَّزة ، له تشقق قاعدى فقير ، البعض يتشعع ضعيفاً باللون الأصفر ، يتواجد فى الصخور البجماتايتية .
×	×	×	×	×	٧,٥ ٨,—	سبنل Spinel $Mg\ Al_2\ O_4$	مكعبى	٣,٥٥	اسم لمجموعة معادن ، البعض منها له ألوان محددة وخواص مميزة فى العينات اليدوية ، مُثمن ، حبيبى ، زجاجى ، محارى ، البعض يتشعع باللون الأحمر إلى الأخضر المصفر ، يتواجد فى الصخور المتحولة ، وبخاصة الجيرية منها ، وكذا فى الصخور البجماتايتية وفى رواسب البرقة .
×	×	×	×		٨,—	توباز Topaz $Al_2\ SiO_4$	معينى	٣,٤٩ ٣,٥٧	يتكون فى هيئة منشورات مُخَشَّنة ، له تشقق قاعدى جيد ، يتواجد فى مناطق التلاصق وفى الجريسن (Gneisen) وفى الصخور البجماتايتية .
×	×	×	×	×	٩	قورندم Corundum	سداسى	٤,— ٤,١٠	يتكون فى بلورات لها الشكل الهرمى شديد الانحدارات ، فى شكل منشورى ، يتجزأ

أ = أخضر / أزرق / قرمزى ب = أصفر / بنى جـ = أحمر / برتقالى
د = رمادى / أسود هـ = عديم اللون / أبيض

تابع معادن ذات بريق لا فلزى (Non metallic Luster)

أ	ب	جـ	د	هـ	الصلادة	الاسم والتركيب الكيميائى	الشكل البلورى	الكثافة النوعية	ملاحظـــــات
						Al_2O_3			تجزؤاً معيناً وقاعدياً ، يكثر تواجده فى الصخور ناقصة السيليكا .وفى رواسب البرقة .
×	×	×	×	×	١٠	الماس Daimond C	مكعبى	٣,٥٠ ٣,٥٣	يتكون فى هيئة مثمنة ، راتينجى شحمى ، هش أو سريع الكسر ، له تشقق ثمانى ، يتواجد فى الصخور النارية فوق القاعدية ، وفى رواسب البرقة (Placers)

ثانياً : كيف تستخدم جداول التعرف على الصخور؟

* ونرى أننا فى غنى عن ترديد التساؤل عن ما هية الصخر ؟ والمعدن والعنصر ؟ ولكن فقط لنتذكر أن العناصر ، وما عرف منها حتى اليوم بما لا يجاوز المئة إلا القليل ، هى وحدات البناء لهذا الكون بعامة ، جماداته وحيواته ، وهى ابتداء عنصر الايدروجين ، ثم عناصر عديدة منه استحدثت ، ثم هى المعادن وهى الصخور بعد اتحاداتها . والعناصر عرفت ، ولم تزل تعرف ، إما بالبحث أو بالصدفة . ولقد تمكن مثلا (براندت) عام ١٦٦٩ من اكتشاف عنصر الفوسفور بتحليله معملياً لبول الإنسان ، وكان على الأرجح أول مكتشف لعنصر بالتحليل المعملى والدراسة ، ومن قبله عرف

الإنسان البدائى بعض العناصر الفلزية كالذهب والنحاس ، كما اكتشف الكيميائيون القدامى بعضها . ويمثل كل عنصر رمز . وكان ترتيب العناصر طبقاً لأزوانها الذرية المتزايدة خطوة هامة لصياغة الجدول الدورى الذى وضعه العالم الروسى « مندلييف » عام ١٨٦٩ ، على أساس خاصيتى : (١) الصفات الكيميائية وبخاصة التكافؤ . (٢) انتظام الألكترونات فى البناء الذرى . وقسم الجدول إلى صفوف أفقية ومجاميع رأسية ، ويلاحظ الآتى :

ــ فى الصفوف الأفقية ، يظهر تغير تدريجى فى الخواص مع زيادة العدد الذرى حيث يقل نشاط الفلزات ويتزايد نشاط اللا فلزات ، ويحدث نفس الشىء نزولاً فى الأعمدة الرأسية .

ــ ينعكس ذلك فى تجميع الفلزات الأكثر نشاطاً وفاعلية كيميائية فى أسفل يسار الجدول ، بينما اللا فلزات الأكثر نشاطاً وفاعلية فى أعلا يمين الجدول .

ــ تتركز المعادن الانتقالية فى وسط الجدول .

ولقد بقيت فراغات فى جدول « مندلييف » ملئت بمعادنها التى عرفت من بعد .

ثم جاء بعد ذلك ف . م . جولد شميت الرائد فى وضع قواعد انتشار وتوزيع العناصر ، ووضع قاعدة تصنيفية جيوكيميائية جديدة للعناصر ، موضوعة أساساً على المشاهدة المباشرة لتوزيعات العناصر . يقوم هذا التصنيف على التساؤل القائل : لو أن الأرض فى بعض مراحلها الماضيات ، كانت قد عانت انصهاراً واسعاً ، ثم لو أن المادة المنصهرة مع التبريد انفصلت تلقائياً إلى طور فلزى ، وطور كبريتيدى ، ثم طور سيليكاتى . . فكيف حينئذ توزع العناصر نفسها بين تلك الأطوار الثلاثة ؟

نقول هذا الكلام ، لأن الانصهار هو بداية تكوين الصخور وهى ما كانت لتكون لولاه بداية . ولقد جاءت الإجابة القائمة على المشاهدة عبر سبل ثلاثة :

١ ــ من دراسة تركيب النيازك والأحجار السماوية ، مع افتراض أن مصدرها وتركيبها يشبه الأرض البكر ، وأنها مرت بذات المراحل .

٢ ــ من تحليل خبث أو كدر المعادن الفلزية (Slag) (سيليكات) ومَطُ أو خليط الكبريتيدات (Matte) فى العمليات الميتالورجية .

٣ ـ من متوسط تركيب الصخور السيليكاتية ، وخامات الكبريتيدات والتواجدات الشحيحة للحديد العنصرى فى قشرة الأرض .

وهنا سنجد نظرياً ، أن الفلزات الأنشط كيميائياً عن الحديد ، يفترض أنها تتحد مع السيليكا ، فتأخذ ما يكفيها ، ثم تعود السيليكا المتبقية لتحاول التفاعل مع الحديد ذاته كلما أمكن ذلك . وأما الفلزات الأقل فاعلية كيميائية من الحديد ، فلن تكون لديها الفرصة لتتحد مع السيليكا وتكون سيليكات ، وانما تتبقى حرة (Free metals) مع ما تبقى من حديد لم يتحد بالسيليكا . فى قول آخر ، أن مصير أى فلز ، يتوقف كلية على الطاقة المحررة (Free energy) لتكوين سيليكاته . وعلى أسس تلك المشاهدات اقترح « جولد شميدت » أن من المفيد أن ترتب العناصر إلى :

■ مجموعة عناصر سيدير وفيليه (Siderophil elements) وهى التى تتكون اختيارياً مع الحديد العنصرى ، والتى يحتمل تمركزها فى لب الأرض الحديدى (Earth's iron core) .

■ مجموعة عناصر كالكوفيلية (Chelcophile elements) وهى التى تتجمع فى الكبريتيدات ، ومن ثم ، فهى مؤشرات لرواسب خامات الكبريتيدات (Sulphide ore deposits) .

■ مجموعة عناصر ليثوفيلية (Lithophile elements) وهى التى تتواجد عادة فى أو مع السيليكات أى الصخور السيليكاتية .

■ مجموعة عناصر أتموفيلية (Atmophil elements) وهى التى تتواجد فى الهواء والغازات الأخرى الطبيعية .

والجدول التالى يبين توزيع العناصر أو تصنيفها بحسب ما اقترحه « جولد شميدت » :

Goldschmidt's geochemical classification of the elements

Siderophile	Chalcophile	Lithophile	Atmophile
Fe Co Ni Ru Rh Pd Re Os Ir Pt Au Mo Ge Sn C P (Pb) (As) (W)	Cu Ag (Au)† Zn Cd Hg Ga In Tl (Ge) (Sn) Pb As Sb Bi S Se Te (Fe) (Mo) (Re)	Li Na K Rb Cs Be Mg Ca Sr Ba B Al Sc Y REE‡ (C) Si Ti Zr Hf Th (P) V Nb Ta O Cr W U (Fe) Mn F Cl Br I (H) (Tl) (Ga) (Ge) (N)	H N (C) (O) (F) (Cl) (Br) (I) Inert gases

ونأتى بعد ذلك ، للمستقرات الأعظم لتلك العناصر ، وهى الصخور بعامة ، والنارية منها على وجه الخصوص . والصخور النارية هى قطفات من حاصل تبريد الصُهارة ، إذ انصهار الأرض فى بداية نشأتها أمر لا جدال فيه ، ومن ثم ، فيا يسمى بالفروض التطورية (Differetiation hypothesis) حقيقة وقعت وتقع ، وتبقى قواعد الانتشار العنصرى فى الصخور النارية . وترجع فى ذلك إلى ما قال به (باون Bowen Raction Ser tes) من أن معدن الأوليفيين والبلاجيوكلاز الكلسى يظهر أولا مع انخفاض الحرارة . جزء من كل الأوليفيين يتفاعل مع بقية الصهارة ليكون معادن البيروكسين ثم الأمفيبولات ثم البايوتايت . . بينما تتزايد نسبة الصوديوم فى تركيب البلاجيوكلاز . . وقريبا من نهاية عملية التبلور تلك ، يتكون المرو والفلسبار البوتاسى جنبا إلى جنب ، مع البلاجيوكلاز الصودى . تلك هى القاعدة العامة ، ولكن لكل قاعدة شواذها . .

وتبقى المشكلة الأهم ، وهى سلوك العناصر الأقل شيوعاً ، مع تلك المتغيرات . فالمعادن متعاظمة التواجد تكون بناياتها أو بلوراتها الخاصة بها ، متوقفة فى ذلك على درجة تركيزها ووفرة عنصرها أو عناصرها فى الصهارة . ولكن ما العمل ، لو أن المتواجد هو فقط أيونات قليلة من العنصر ؟ عند ئذ ، فمن الممكن أن تُلتقط فى البنايات البلورية للمكونات السيليكاتية الكبيرة ، إما بالإحلال بين متساويات الأشكال (Isomorphous replcment) وإما بالإدراج العشوائى (Randum inclusions) . . وإذا ما سألنا ، ما هى البنود الحاكمة فى ذلك ، فسنجد فى حالة الاحلال :

١ ــ قد يحل العنصر الشحيح (Minor) كلية محل العنصر المتعاظم (Major) لو أن

أنصاف أقطار الأيونات لا تختلف فيما بينها بما لا يزيد على نحو ١٥ ٪ .

٢ ـ إن الأيونات التى لا تختلف شحناتها الكهربية ، بأكثر من وحدة واحدة ، قد تحل بسهولة محل بعضها إذا ما تشابهت أنصاف أقطار الأيونات فيها .

٣ ـ إذا ما كان هناك أيونان ، فى قدرتهما شغل نفس المكان فى تركيب بلورة معدن ما ، فإن الأيون الذى يترابط بقوة مع جيرانه . هو الأيون ذى نصف القطر الأصغر ، أو هو ذى الشحنة الكهربية الأكبر،أو كليهما معاً

٤ ـ إن احلال أيون محل آخر يكون محدوداً جداً ـ حتى فى حالة وفاء المتطلبات الحجمية ـ إذا ما كانت الروابط المتكونة تختلف فى صفات التكافؤ .

وهكذا ، تختلف القواعد ما بين الصخور النارية والرسوبية والمتحولة وإن تكن الأسس واحدة . . وإنما أردنا فقط أن نلقى ضوءا على كيفية تجمع العناصر ، ثم المعادن ، لتكون الصخور نهاية .

* * *

إذن فالعناصر تتجمع لتكون المعادن ، والمعدن إما عنصرى ، وأما مركب كيميائى . فبعض العناصر تتركز لتكون معدنا من عنصر واحد فيصير معدناً عنصرياً (Native minevl) كالذهب والبلاتين . . ومنها ما استلزمت صيرورته إلى معدن ، ترابطه مع عناصر أخرى بروابط كهروكيميائية كالروابط الأيونية والتساهمية والفلزية ورابطة (فان ديرفال) . ليصير معدناً مركباً كيميائياً ، ولكن بتركيب محدد ملتزم يكون به فى أقصى الشرق كما هو به فى أقصى الغرب . . فالهالايت تركيبه كلوريد صوديوم ، بنسب محددة ومعلومة فى شمال أو جنوب أو فى شرق أو غرب . . وأن تغيرت النسبة فليس بذاك المعدن . . حكمة الله ، وسبحان الله . . لا عشوائية ولا اعتباطية ولكن تصريف لكل شى بقدر . . كيف تكونت المركبات الكيميائية بما أتاح الفرصة لعناصر تدخل فى تركيب معدن معين أن تتجاذب وتتحرك لتتزاوج فتكون عشاً للزوجية هى البلورة ؟ . . ذاك يستلزم بالقطع حرارة . . طاقة دافعة للحركة . . وكانت الحرارة من احتكاك العناصر وتزاحمها ، ربما لدوران الأرض بل الكون كله . . وربما لعاطفة التزاوج اقصد التجاذب . ألا ترى أنه نظام واحد حتى فى الجمادات ، بله الحيوان لو كانوا يعلمون ؟ . ويقال بل جزء من الحرارة التى أدت إلى الترابطات بين العناصر لتصير

معادن ، أتٍ من اشعاعات بعض المعادن . . المهم أن العناصر تُطبخ ، وبعد أن كانت مائة عنصر أو نحوها ، تعطى آلاف المعادن . . ومرة أخرى سبحان من خلق . .

ونأتى إلى الخطوة الثالثة ، وهى ترابط تلك المعادن ، على ائتلاف لا اختلاف ، أليس كل شيء بقدر . ترابطها لتصير صخوراً . والصخر مادة صلبة تتكون من معدن واحد أو أكثر . . وغالبية الصخور ، بل الصخور الأم ، هى ما تكونت فى الحرارة العالية من بعد انصهار صارت إليه العناصر ثم المعادن . . ومعادن السيليكات هى الأكثرية الغالبة . .

وننتقل إلى جدول تعريف الصخور ، وما ورد فيه قد يكون الأكثر شيوعاً بين أنواع الصخور ، ولكن ليس كلها ، فمحاولة تصنيف الصخور عامة وتسميتها يعتبر أمراً بالغاً حد الصعوبة حتى على المتخصصين . ويكفى هنا أن نقول أن من الصخور ما يمكن دراسة حبيباته مجهريا . ومنها ما تختفى حبيباته حتى يستلزم المجهر . وستجد أن الجداول تنقسم إلى قسمين اثنين رئيسيين على أساس الصلادة ، ثم إلى أقسام أخر ، على أساس الأصل والنشأة . وفى حالة الصخور ، فستقدر الصلادة على أساس تعاملها مع الشاكوش الجيولوجى . فمن الصخور ما يخدش الشاكوش ومنها ما لا يخدشه . وقد أخذ الشاكوش معياراً لقياس الصلادة لأنه أداة الجيولوجى فى الحقل والتى لا يستغنى عنها . ومن الأفضل أن يحاول الجيولوجى خدش الشاكوش بالصخر وليس العكس . وكذلك من الأفضل استخدام عدة مختلفة مع العينة لتجريب ذلك ، لاحتمال اختلاف تركيز المكونات . بجانب ذلك ، ففيم بين حبيبات الصخور القابلة للكسر ، قد يلزم حك البعض منها ، وخاصة القطع الصغيرة على الشاكوش ثم فحص مكان الاحتكاك بواسطة عدسة يدوية ـ وهى من أدوات الحقل اللازمة لكل جيولوجى ، لرؤية الخدش من عدمه . وعموما ، فإنه يُقترح الآتى ، لاستخدام الجداول الخاصة بتعريفات الصخور :

١ ــ معرفة درجة التحبب أو حجم الحبيبات ، وهل هى مجهرية أو غير ذلك . استخدم جدول ١ ، ٢ .

٢ ــ معرفة الصلادة : فى حالة ما إذا كانت أقل من صلادة الشاكوش (أى تنخدش بالشاكوش) استخدام جدول ٢ .

٣ ــ النسيج : وهو علاقة الحبيبات المكونة للصخر بعضها بالبعض الآخر ، أو هو

الهندسية للوحدات التى يتكون منها الصخر، وتحوى الحجم والشكل، ومن أنواع النسيج الليفى، والمتجانس، والمتداخل، والخفيف والمصمت والمسامى والاسفنجى والزجاجى .. الخ . فإذا ما كان نسيجاً متداخلاً، استخدم الثلث الأيسر من الجدول .

٤ ـ قد يكون الصخر :

أ ـ الملح الصخرى إذا كان المذاق مالحاً .

ب ـ جبس إذا أمكن خدشه بظفر اليد .

جـ ـ حجر جيرى أو رخام كلسى إذا أعطى فوراناً نشيطاً مع حامض الايدروكلوريك المخفف .

د ـ حجر دولوى أو رخام دولوى (Dolmitic) إذا أعطى فوراناً بطيئاً مع حامض الايدروكلوريك .

هـ ـ صخر أنهدرايت إذا لم يظهر شيئا مما سبق .

٥ ـ وقد يكون :

أ ـ حجم الحبيبات أو التحبب شبه مجهرى، استخدم الجدول ٣ .

ب ـ الصلادة أعلى من الشاكوس (تخدش الشاكوش) ، استخدم القطاع العلوى من الجدول .

جـ ـ عندئذ يكون الصخر واحداً مما يلى : فلسايت، أو بازلت، أوبسيديان، أو خرفش (Pumice) (وهو صخر بركانى خفيف أو به ثقوب تملأها الغازات والهواء) . وكل منها يعرّف على أساس الملاحظات الواردة بالجدول ..

جدول للتعرف على الصخور ـ الصلادة أكثر أو أعلى من الشاكوش

	حبيبات متداخلة		متورق		فتاتي طباقي	
ناري Igneous.	رسوبي وتغير ما بعدي Sed./Diag.	متحول Metam.	متحول Metam.	ناري / فتاتي Ign./Pyrocl.	رسوبي / ما بعدي Sod./Diag.	متحول Metam.
بعد التعرف على المكونات المعدنية إرجع للجدول صخور جرانيتية : ● مرو ٢٠ ـ ٦٠ ٪ ● فلسبارات قلوية تزيد أو تساوي أو تقل عن البلاجيوكلاز . ● معادن ملونة ١٠ ـ ٤٠ ٪ صخور سياناتيتية : ● مرو أقل من ٢٠ ٪ ● فلسبارات قلوية قد تصل إلى ١٠ ٪ ● معادن ملونة أقل		كل الصخور فيما عدا صخر فيللايت في العمود المجاور يساراً هي أيضا قد تحتوي على حبيبات متداخلة . كوارتزايت : صلادة = ٧ زجاجي له مكسر محاري .	يشيع وجود المرو في كل هذه الصخور ما عدا صخر أمفيبولايت . صخور نايس : تكون مخططة على شكل راقات تتكون من حبيبات خشنة . أمفيبولايت : لونه رمادي داكن متدرج إلى الأسود ، به حبيبات ذوات أحجام متوسطة ، لا يوجد مرو . شيست : مكونات	الصخور الأربعة الأولى في هذه المجموعة مسماة على أساس حجوم الكسارات التي تكوّن ٥٠ ٪ أو أكثر من حجم الصخر . رواهص بركانية : (Agglomerates) مقذوفات طفية تقذف بها البراكين فتتصلب حولها وتتكون من حبيبات بركانية يقل قطرها عن ٦٤ مم . بريشة فتاتية حرارية :	تتكون الصخور من كسرات مستطيلة نوعاً . رصيص (كونجلوميرات) : كسرات مستديرة أكبر من ٢مم بريشة رسوبية : كسرات زاوية أكبر من ٢ مم . حجر رملي : حبيبات من ١٦/١ ـ ٢ مم مرو أكثر من ٧٥ ٪ آركوز :	كوارتزايت : أساساً من المرو ، له مكسر محاري ، قد يكون رسوبي . رصيص متحول : حصوات مدملجة وجلاميد في سادة أو أرضية من كوارتزايت متحول .

من ٤٥ ٪ صخور ديورايتية : ● مرو أقل من ٥ ٪ ● بلاجيوكلاز فاتح اللون أكثر من ٥٠ ٪ ● معادن ملونة أقل من ٥٠ ٪ (هورنبلند) صخور جابروية : ● مرو أقل من ٥٠ ٪ ● بلاجيوكلاز داكن اللون أقل من ٥ ٪ ● معادن ملونة أكثر من ٥٠ ٪ (بيروكسين) صخور أنورثوزايت : (Anorthopsite) بلاجيوكلاز ذى لون رمادى مزرق ٩٠ ـ ١٠٠ ٪ . صخور فوق المافية : (Ultramatics)			صفائحية تكفى لإعطاء المظهر الورقى للصخر فيللأيت : دقيق الحبيبات جدا ، متورق ، للأسطح لمعان متألق ، وعادة ما تكون متعرجة أو متغضنة .	(Pyroclsics) طف كتلى ، الكسرات أكبر من ٦٤ مم . لوبيات (Lapilli) الكسرات من ٢ ـ ٦٤ مم . رماد طفى : الكسرات أقل من ٢ مم خشنة الملمس .	حبيبات من ١٦/١ ـ ٢ مم فلسبارات أكثر من ٢٥ ٪ فيما يشبه الجرانيت . رصيص جروكى : ١٦/١ ـ ٢ مم والمعادن المافية تتساوى تقريباً مع كسرات الصخور بما يساوى ٢٥ ٪ ، له رائحة الطين حين يُبلل . حجر غرينى : ٢٥٦/١ ـ ١٦/١ مم يجرش بين الأسنان .	

تركيز عالى من المعادن المافية التى يغلب فى تركيبها عنصر الحديد والماغنسيوم وبها واحد أو أكثر من المعادنالمافية بنسبة ٩٠ـ١٠٠٪ .						

جدول للتعرف على الصخور ـ الصلادة أقل من الشاكوش

صخور ذوات حبيبات متداخلة		صخور ذات مظهر ورقى	صخور كسارية فتاتية و/أو طباقية أو من راقات
رسوبى / sedimentry ما بعدى Diagenetic	متحول Mitamorphic	متحولة Mitamorphic	رسوبى / sedimentry ما بعدى Diagenetic
الملح الصخرى : Rock Salt له مذاق مالح . صخر الجبس : gypsun يُخدش بظفر	رخام : قد يكون كلسى أو دولومى وعادة قد يحتوى على جرافيت منتثر و/أو معادن سيليكية . يفور مع حامض	صخر شيست طلقى : Tálc Schist يُخدش بظفر اليد ، له ملمس صابونى ، متورق .	حجر جيرى فتاتى : Clastic limestone يحتوى على كسارات وحفريات وسرت (Oolite) وهى أجسام كروية أو إهليلجية

اليد . صخر أنهيدرايت : Anhydrite صلادة ٣,٥ . صخر جيرى : Limestorne فوران سريع مع حامض الايدروكلوريك المخفف . صخر دولوى : Doloston فوران بطيء مع حامض الايدروكلوريك المخفف .	الايدروكلوريك .	حجر الصابون : soapstone يشبه الشيست الطلقى إلا أنه غير متورق . سربنتينسايت : Serpentinite لونه أخضر ، صلادة ٢,٥ ـ ٣,٥ شحمى إلى شحمى المظهر .	قد تحتوى على نواة . وتتردد أقطارها بين ٠,٢٥ مم و٢ مم . ولكل منها تركيب مركزى أو متشعع أو كلاهما ، وتكون فى العادة من المادة الجيرية أو السيليكية أو الهيماتايتية أو غيرها . . كذلك قد تتواجد متكورات أخرى صغيرة تفور بقوة مع حامض الايدركلوريك المخفف . صخر دولوى : (Dolostone) كما سبق ولكن الفوران مع حامض الايدروكلوريك يكون أبطأ . .

جدول للتعرف على الصخور دقيقة الحبيبات أو الزجاجية

نارية (Igneous)	فتاتية حرارية (Pyroclostics)	رسوبية / (Sedimentary) ما بعدية (Diagenetic)	متحولة (Metemorphie)
صلادة أكبر من صلادة الشاكوش فلسايت (Felsite) فاتح اللون . بازلت (Basalt) رمادى مسود إلى أسود اللون المشرب بالخضرة ، غالبا لوزانى أو حويصلى . سبجى أو أوبسيدى (Opsidian) زجاجى - رمادى مسود أو بنى مخطط ، شفيف حين يكون شرائح رقيقة ، له لمعان زجاجى . خرفش (Pumice) زجاجى ، رغوى المظهر . صلادة أقل من صلادة الشاكوش	طَفّ رمادى متماسك له ملمس خشن .	ظران (Chert) له لمعان خزفى ومكسر محارى . طفل (طفال) (Shale) يتفكك بسهولة ، متشقق ، حين يرطب أو يبلل يعطى رائحة الطين . فحم (Coal) له لون ومخدش (حكاكة) سوداء ، لمعان داكن أو ساطع هش . صخر الجبس (Rock gypsum) يخدش بظفر اليد . صخر الأنهيدرايت (Rock Anhydrite) صلابة ٣,٥ . حجر جيرى (Limestone) فوران سريع مع HCl . حجر دولوى (Dolostone) فوران بطىء مع HCl . حجر طينى (Claystone) حين يرطب يعطى رائحة الطين وله ملمس ناعم ، يلتصق باللسان ، لها فوران مع HCl .	إرادواز (Slate) يتشقق بزاوية مع المستوى الطباقى ، ولكن فى تشققات متوازية . فيللايت (Phyllite) يلصف بلمعان على سطوح التورق وعادة يكون مغضناً . الحجر الأخضر greenstone وهو اسم قديم استخدم فى الحقل الجيولوجى ويطلق على الصخور النارية القاعدية المتحولة وغيرها من ذوات اللون الأخضر بسبب وجود معادن مثل الكلورايت والهونبلند والإبيدوت فيها . وهو يكون فى خضرة الزيتون ، وله لمعان داكن ومكسر شبه محارى . ميلونايت (Mylonite) له مظهر كدر ويحتوى عادة على شظايا مقطعة ، وهو صخر متحول ناشىء عن التفتت العنيف لصخور سابقة اثنابها التصدع الناتج من حركات الطى .

الباب السابع

الزمان الجيولوجى (Gologic time)

يؤخذ الزمن الجيولوجى المتسع ومحاولات تقديره كأساس لمحاولة فهم ناريخ الحياة ، ودور الحفريات فى نظرية التطور . ما هو إذن مقياس الزمان الجيولوجى ؟ إنها قائمة الأحقاب والعصور الجيولوجية مرتبة ترتيباً زمنياً ، ويبين أمام كل منها العمر المطلق بملايين السنين . كيف يقاس الزمان الجيولوجى ؟ الزمن الجيولوجى النسبى يقوم على النظام المتعاقب للحوادث من أقدمها إلى أحدثها دون معرفة متى حدثت تلك الأحداث ؟ فيقدر الزمن النسبى أساساً باستخدام الحفريات . ومن ناحية أخرى ، فإن الزمن الجيولوجى المطلق يقوم على عدد السنوات الماضيات قبل حاضر الناس ، والتى حدثت فيها تلك الأحداث . ويقدر الزمن الجيولوجى المطلق بالتاريخ الاشعاعى للصخور . مرتبطا بالأحداث البنيوية التى أعترت الصخور .

إن دراسة الحفريات ، ومبادىء مضاهاة الطبقات ، يقود إلى نشأة مقياس الزمان الجيولوجى المستخدم كما فى الجدول اللاّحق . هذا السلم الزمنى كان أساساً مقياس

زمنى نسبى قام على أساس أحداث ُحفظت فى سجل الحفريات ، ثم بعد ذلك ، مكّن اكتشاف ما سُمى بالساعات الاشعاعية فى الصخور ، الجيولوجيين من تحديد عدد السنين التى تفصل ما بين يومنا هذا ، وزمان حدثت فيه أحداث . . ومن هنا تبلورت الأعمار المطلقة ، وهذه قائمة على تحديد المعادن المشعة فى الصخور . ثم تقرير نسب ما تحول منها وما لم يتحول إلى نظائر مشعة أو مستقرة خاملة كتحويل عنصر اليورانيوم إلى رصاص . بحسابات معقدة يمكن تقدير العمر المطلق لمثل تلك المعادن ، ومن ثم،عمر الصخور بلوغا إلى عمر الأرض .

ولقد كانت النشأة الأولى للمقياس الزمنى الجيولوجى مرتبطة بدراسة تاريخ الحياة ، وذلك لأن ظهور واختفاء أو انقراض الحيوانات والنباتات ، كان يستخدم كفواصل بين أقسام المقياس . ولقد اصطلح عبر سنوات القرن الثامن عشر على أن الصخور الرسوبية على سطح الأرض ، يمكن أن تقسم إلى وحدات زمنية نسبية على أساس الحفريات المحتواة فيها . ولقد لوحظ أن هناك نظاماً يحكم ظهور واختفاء أو انقراض الحفريات فى التتابع الصخرى ، وأن ذاك النظام ، كان هو ذات النظام فى الصخور المتنوعة التى تمثل بيئات مختلفة ، حتى ولو كانت فى مناطق متباعدة والبون بينها جد شاسع . تلك كانت المشاهدات التى اتخذت أساساً لما عُرف بعد ذلك بقانون المضاهاة . . حتى كان التقدير المطلق .

ولقد سميت الأحقاب بترتيبها الزمنى مما قبل حقب الحياة القديمة ثم الحياة القديمة ذاتها ، ثم الحياة الوسطى ثم الحياة الحديثة . أما الأدوار والفترات والأكثر تفصيلاً ، فلقد كانت مسمياتها طبقا لخواص زمانية أو وصفية أو مكانية . فمن حيث الخواص الزمانية نجد الدور الثالث أو الرباعى ، ونجد مثلاً فترة البليوسين (Pliocene) وهى خامسة فترات حقب الحياة الحديثة ، وقد اشتق الاسم من كلمتى (pleion) ومعناها كثير (Cenos) ومعناها حديث ، وهى الفترة التى كثرت فيها نسبة الأحياء الحديثة ، وبدأ فيها ظهور الانسان ، وانتهت منذ حوالى ٢ مليون سنة . وأما ما سمى بخواصه الوصفية ، أى نسبة إلى صخور أو ظواهر سادت فيه ، فهناك الدور الكربونى مثلاً ، وهو الدور الخامس من حقب الحياة القديمة ، ويدل اسمه على وفرة الفحم بين صخوره ، والذى هو بقايا نباتات غير مزهرة ، ازدهرت من قبل فى غابات شاسعات وقد انتهى منذ حوالى مائتى وخمسة عشر مليون سنة . وهو فى الجدول اللآحق مقسم مكانياً إلى دورين هما ما نُسبا إلى نهر المسيسبى وبنسلفانيا . أما لو أخذنا الدور الطباشيرى مثلا للتقسيم

الوصفى ، فهو الدور الأخير (الثالث) من حقب الحياة الوسطى اشتق اسمه من كلمة (Creta)بمعنى طباشير ويدل اسمه على كثرة الصخور الطباشيرية فيه .

وأخيرا ، علينا أن نلحظ بأن أقسام السلم الزمنى هذا ، غير متساوية على الأطلاق ذلك لأن مابينها من حدود وفواصل قد وضعت بداية على أساس الأحداث الجيولوجية والبيولوجية .

مقياس الزمان الجيولوجى
(Geologic Time Scale)

أحقاب (Eras)	أدوار (Periods)	فترات (Epochs)	
حقب الحياة الحديثة (Cenozoic)	الدور الرباعى (Quaternary)	حديث (Recent)	٠,٠١
		بليستوسين (Pleistocene)	
			١,٥
	الدور الثالث (Tertiary)	بليوسين (Pliocene)	٧
		مايوسين (Miocene)	٢٦
		اوليجوسين (Oligocene)	٣٨
		بليوسين (Pliocene)	٥٤
			٦٥
حقب الحياة الوسطى (Mosozoic)	الدور الطباشيرى (Creaceous)	١٣٦	
	الدور الجورى (Jurassic)		
			١٩٠

حقب الحياة القديمة (Paleozic)	الدور الترياسى (Triassic)	٢٢٥
	الدور البرمى (Permian)	٢٨٠
	الدور البنسلفانى (Pennsylvanian)	٣٢٠
	الدور المسيسيبى (Missippian)	٣٤٥
	الدور الديفونى (Devonian)	٣٩٥
	الدور السيلورى (Silurian)	٤٣٠
	الدور الأردوفيسى (Ordovician)	٥٠٠
	الدور الكمبرى (Cambrian)	٥٧٠
حقب ما قبل الحياة القديمة (Precambrian)		إلى المجهول

* الأرقام تعطى التواريخ بملايين السنين قبل اليوم .
* الدور الترياسى عند البعض يلحق بحقب الحياة الوسطى وعند آخرين بحقب الحياة القديمة كما هنا .
* الدور الكربونى قُسّم فى هذا الجدول إلى دورين المسيسيبى والبنسلفانى .

وتعتبر قاعدة المضاهاة بصفة خاصة ، هامة ، لأنه لا يوجد فى مكان واحد من العالم تتابعاً كاملاً مكشوفاً من الصخور الرسوبية ، بحيث يعكس طول الزمن من نشأة

الأرض حتى يوم الناس هذا . ومن ثم ، فنحن ملزمون بأن نطابق المكاشف الجيولوجية للصخور الرسوبية على اتساع المسافات والمساحات من أجل أن نعيد تصور التاريخ الجيولوجى للأرض . وعندئذ ، توضع الأحداث الجيولوجية فى نظام تتابعى ، ثم بمضاهاة مكاشف الصخور الرسوبية على ما تحتويه من حفريات ، يمكن أن يظهر للوجود تدريجياً ، تقدير للزمان الجيولوجى . معنى ذلك أن السلم الزمنى يقوم أول ما يقوم ، على أحداث عظام ، جيولوجية وبيولوجية ، حُفظت لنا فى كتاب الزمن الخالد وهو سجل الصخور . هذا معناه أن المقياس الزمنى الجيولوجى ، كان أساساً مقياساً زمنياً نسبياً نُظمت فيه الأحداث تعاقبياً ، ولكن دون تحديد طول زمنى يفصل ما بين زمان الأحداث وزمان الناس .

كيف من بعد أمكن تحديد الزمن المطلق ؟ بمعنى كيف أحصيت السنين عددا ؟ الجواب ، هو كما قلنا بالتأريخ الاشعاعى على الصخور . فهناك عناصر مثل اليورانيوم والروبيديوم والبوتاسيوم ، لها نظائر مشعة غير ثابتة تتحلل تلقائياً ، بلوغاً لشكل ثابت لعنصر آخر . فمثلاً اليورانيوم المشع ٢٣٨ يتحلل عبر العديد من الخُطى ليبلغ الرصاص الثابت ٢٠٦ . هذا التحلل والتحول ، يتم بمعدل ثابت رغماً عن ظروف داخلية أو خارجية ، يتعرض لها العنصر . . ويمكن قياس معدل التحلل ذاك بكثير من الدقة . وعلى ذلك ، فبمعرفة المدى الزمنى لتحلل نصف المادة المشعة الأصلية ، إلى ابنتها الثابتة (العنصر الثابت) (وهى فترة زمنية تسمى نصف حياة النظير (Isotope's half-life) ، ثم بمقارنة كمية العنصر الأب المشع الموجود فعلا ، مع الكمية من المادة الإبنة ، فإن المرء يمكنه أن يحسب كم عمر الصخر المحتوى لهما . إن التأريخ الاشعاعى عندئذ يسمح بتقدير المدى الزمنى لأى حدث مسجل فى سجل الصخور .

وينقسم السلم الزمنى إلى أقسام كما قلنا ، لا تتساوى فى أطوالها ، ولا يكون فى الامكان تحديد مداها تحديداً قطعياً لأن البدايات والنهايات تكاد تكون غير محددة تماما . . وإنما هى قائمة على أحداث جيولوجية وبيولوجية . . الحقيقة الثابتة أن الزمان الجيولوجى زمان طويل طويل . . ولئن عُرفت بعض نهاياته ، فإن بداياته تضرب بجذورها فى أعماق المجهول . ومن ثم فدراستنا للجيولوجيا إنما تتبع المنهج الاستردادى . . ولكى تتضح صورة الأبعاد الكبيرة للزمان الجيولوجى ، فقد عُملت

محاولة للمقارنة بأحداث جسام فى حياة الإنسان ، على النحو التالى فى أجندة واحدة وفى نظام استراتجرافى تتابعى ، أقدمها فى أسفل الجدول وأحدثها فى رأسه :

التاريخ الجيولوجى للأرض مُتَضَمناً فى نتيجة سنة واحدة ومقارنا نسبيا بأحداث عظام مرّت فى حياة البشرية

الحدث	سنوات مرت قبل يومنا هذا	باعتبار عمر الأرض سنة واحدة فكم مرّ من أيامها عند حدوث ذاك الحدث	ما يقابل ذاك من تاريخ افتراضى
نهاية الحرب العالمية الثانية	٤٥ سنة	٣٦٤,٩ يوما	٣١ ديسمبر
نهاية العصر الجليدى	١٠,٠٠٠ سنة	٣٦٤,٩	٣١ ديسمبر
ظهور الإنسان الأول	١,٧٥ مليون سنة	٣٦٤,٩	٣٠ ديسمبر
بداية العصر الجليدى	٣,— مليون سنة	٣٦٤,٧	٢٧ ديسمبر
ظهور الحصان الأول	٥٥ مليون سنة	٣٦٠,٥	٢٦ ديسمبر
انقراض الديناصورات	٦٥ مليون سنة	٣٥٩,٧	٢١ ديسمبر
أول نباتات مزهرة	١٣٠ مليون سنة	٣٥٤,٥	١٩ ديسمبر
أول طيور	١٦٠ مليون سنة	٣٥٢,--	١٤ ديسمبر
أول ثدييات	٢١٥ مليون سنة	٣٤٧,٦	١١ ديسمبر
أول ظهور الديناصورات	٢٥٠ مليون سنة	٣٤٤,٧	٢ ديسمبر
أول برمائيات	٣٦٠ مليون سنة	٣٣٥,٨	٢٧ نوفمبر
أول نباتات الأرض	٤٢٠ مليون سنة	٣٣٠,٩	٢٣ نوفمبر
أول الأسماك	٤٧٠ مليون سنة	٣٢٦,٩	٥ نوفمبر
أول ظهور الحيوانات متعددة الخلايا	٧٠٠ مليون سنة	٣٠٨,٢	١٦ أبريل
أقدم الحفريات	٣,٥ بليون سنة	١٠٥,٤	
تكوين الأرض	٤,٥ بليون سنة	مجهول حتى الصفر أو البداية	أول يناير

وإذا ما مضينا مع التقديرات العلمية لأبعد من ذلك فسنجد :

ـ تكونت عناصر مجرة سكة التبانة أو اللّبانة ـ مجرتنا ـ من ـ ٦,٥ — ٧ بليون سنة .

ـ تكثفت الشمس على حالها الراهنة منذ —,٦ بليون سنة .

ــ أجنة الكواكب تكوكبت على وضعها الحالى منذ ــ,٥ بليون سنة .
ــ حدث الفصل الكيميائى فى مادة الكواكب ، فصار للأرض مثلاً لُبّ وغلافٍ وقشرة منذ ٤,٧ بليون سنة .
ــ ثم كانت القشرة الخارجية والدائمة للأرض منذ ــ,٤ بليون سنة . . كانت أول صخور عرفت .

ملحق ١ : الرموز الكيميائية للعناصر والمعادن :

لقد أُعطى كل عنصر كيميائى رمزاً من حرف أو حرفين يشيع استعماله فى المعادلات الكيميائية عالميا ، كما فى الجدول التالى . ولكى نتعلم كيف نقرأ معادلة كيميائية قد تكون اسما لمعدن ما ، علينا أن نتأكد أولا من وجود نوعين أساسيين من المركبات هما ، الكاتيونات (Cations) والأنيونات (Anions) وهما معا يكونان مجموعة أنيونية (Anionic Group) . الكاتيونات دائماً موجبة (+) الشحنة ، أما الأنيونات فسالبة (−) الشحنة . وعادة تكتب الكاتيونات أولا فى المعادلة ، بمعنى ظهورها إلى اليسار ، وأما الأنيونات فتتلوها يميناً . وقد توجد فرادى أو متعددة . فمثلاً فى معدن كوبانايت (Cubanite Cu Fe_2 S_3) نجد النحاس (Cu) والحديد (Fe) هما معاً من الكاتيونات ، أما الكبريت (S) فهو الأنيون ، والمعدن هو كبريتيد النحاس والحديد . تتكون المجموعات الأنيونية من عنصر موجب الشحن مرتبط مع الأوكسجين (O_2) بحيث يسلكا معاً مسلكا ذاتيا سالب الشحنة وتظهر الأمثلة على ذلك جلية فى الكبريتات $(SO_4)^{-2}$ والسيليكات $(SiO_4)^{-4}$ والفوسفاتات $(PO_4)^{-3}$ والكربونات $(CO_3)^{-2}$. وعادة تكتب المجموعات الأنيونية محاطة بقوسين أو هلالين ، وإن لم يكن ذلك ضرورياً .

ويعتبر معدن بيرلينايت (Berlinite Al PO_4) ومعدن بيوسايت (Beusite Mn [illegible] /Ca Mg$)_3$ $(PO_4)_2$ كلاهما من الفوسفاتات . ووجود تتابع من العناصر بين قوسين مفصولين عن بعضهما بفاصلة يوضح أنه يمكن أن يحدث إحلالاً متبادلاً لكل منهما ، إلا أن الأول إلى اليسار يكون الأكثر وفرة ، وربما كان الأهم . . وعلى الجانب الآخر من المعادلة نرى

غالبا اثنتين أو أكثر من مجاميع الأنيونات إضافة إلى كل من مجموعة ايدروكسيل وماء (H_2O) . كل ذلك يعتبر أساسياً إذا ما وردا كل فى مجموعته من الأقواس ، مثلا . . معدن كالكوفيللايت (Chalcopyllite $Cu_{18}, Al_2 (AsO_4)_3 (SO_4)_3 (OH)_{27} 33H_2O$) يمكن أن يعبر عنه بأنه ايدروكسيد كبريتات أرزينات الألمنيوم والنحاس المائى . ونضيف هنا أمثلة أخرى قليلة لتوضيح منطقية هذا الكلام . معدن فورشتيرايت (Forstrite $Mg_2 SiO_4$) سو سيليكات الماغنسيوم . ومعدن رودونايت (Rhodonite $(Mn,Fe,Ca,Mg) SiO_3$) هو أيضا سيليكات الماغنسيوم . فمن المعروف أن الحديد والكالسيوم والماغنسيوم تحل محل المنجنيز فى معدن رودونايت ولكن المنجنيز لابد أن يكون سائداً . ولو أن عناصر الحديد أو الكالسيوم أو الماغنسيوم كانت هى السائدة ، ووردت سابقة للمنجنيز ، فلن يكون المعدن عندئذ رودونايت .

فى بعض المعادن مثل الكثير من مجموعة زيولايت يحل الألمنيوم تبادلياً مع السيليكون ، ومن ثم ، يشار إليها تجاوزاً بسيليكات ألومينية ، أما معدن ستلبايت Stilbite $Na, Ca_2 (Al_5 Si)_{13} O_{36} 14 H_2O$ فيعبر عنه بالسيليكات الألومينية للصوديوم والكالسيوم المائية .

العناصر الكيميائية والمجموعات الأنيونية التى تدخل فى معادلات كيميائية للمعادن الشائعة نسبياً . وللسهولة فقد رتبت العناصر بأبجدية الحروف اللاتينية تبعاً للرموز ، أما المجاميع الأنيونية فمرتبة أبجدياً بالحروف اللاتينية الأولى لكل مجموعة .

العنصر الكيميائى				المجاميع الأنيونية	
Ag	فضة	N	نتروجين	AsO_4	زرنيخات
Al	الومنيوم	Na	صوديوم	BO^3	بورات
As	زرنيخ	Nb	نيوبيوم	CO_3	كربونات
Au	ذهب	Ni	نيكل	CrO_4	كرومات
B	بورون	O	أوكسجين*	MoO_4	موليبدات
Ba	باريوم	P	فوسفور	NO_3	نترات

Be	بريلليوم	Pb	رصاص	OH	ايدروكسيل
C	كربون	Pt	بلاتين	PO_4	فوسفات
Ca	كالسيوم	S	كبريت*	SO_4	كبريتات
Ce	سيريوم	Si	سيليكا	SiO_4	
Cl	كلورين*	Sn	قصدير	Si_2O_7	
Co	كوبالت	Sr	سترنشيوم	SiO_3	سيليكات
Cr	كروم	Ta	تنتال	Si_4O_{11}	
Cu	نحاس	Th	ثوريوم	Si_2O_5	
F	فلورين*	Ti	تيتان	UO_2	يورانينات
Fe	حديد	U	يورانيوم		
H	ايدروجين	V	فانديوم	VO_4	فانادات
Hg	زئبق	W	تنجستن		
K	بوتاسيوم	Za	زنك	WO_4	تنجستات
Li	ليثيوم	Zr	زركون		
Mg	ماغنسيوم				
Mn	منجنيز				
Mo	موليبدنيوم				

* هذه العناصر تعمل نموذجي كأنيونات ، المركبات الناتجة تسمى على سبيل المثال أكاسيد ، فلوريدات كبريتيدات . .

كتب وبحوث لتقرأ في هذه المجالات
- بحوث -

1- Awadallah, M.F. (1972): Petrolgical and geochemical studies on Gabal Dokhan volcanics, E.D., Egypt. M. Sc. Thesis, Cairo University.

2- Awadallah, M.F. (1979): Petrolgical and geochemical studies on Young volcanics, E.D., Egypt. D. Ph. Thesis, Cairo University.

3- Awadallah, M.F. and Shaalan, M.M.B (1979): Petrolgical and geochemical studies on Gabal Mirer metavolcamics, CEd, El Sevier sci. pub. co, Amestrdam, ch. Geol; 26.

4- Awadallah, M.F (1980): Petrochemical and geochemical studies of volcanic rocks of Bahariya, Oasis, WD,G.S. Annals, vol X.

5- Awadallah, M.F., and Kamel, O.A. (1981): Petrography and geochemistry of Gabal Kadabora El-Hamra, Gabal Abu Dob granitic massif, CED, Egypt. J. Geol., 25.

6- Awadallah, M.F. Shaalan, M.B. and Khalil, M.M. (1982): Geochemistry of El-Heiz low grade iron ore. B.O., WD., G.S. Annals.

7- Awadallah, M.F., Shaalan, M.B. and Khalil. M.M. (1984): Potrography and diagensis of El-Heiz Ferruginous sandstones, B.O., WD., Egyp. J. Geol. Vol 28.

8- Awadallah, M.F. (1985): On the petrography and geochemistry of the lower Tertiary sediments of Beni mazar area, E.D., G.S. Annals.

9- Awadallah, M.F. (1985) Petrographic and geochemical charactristics of some dikes SE Aswan, G.S Annals.

10- Awadallah, M.F., Shaalan, M.B., Takla, M.A. and Wetait, M.A. (1985): Petrology and geochemistry of the metamorphic granitic and syenitic rocks of wadi Arab, Aswan area, 13th coll. Africa geol., St Andrews, CIFEG, Paris.

11- Awadallah, M.F. and Wali, A.M.A. (1986): On the mineralogical and geochemical characteristics of the Hagif gypsum varvitic deposits, NWD, G.S. Annals.

12- Awadallah M.F., and Shaalan, M.B. (1986): Comparative study of petrography and geochemistry of Sabir, Surdud and Zabid Tertiary alkaline granites, YAR, Bull. Fac. Sci. Cairo University.

13- Awadallah, M.F. (1986): Petrology and geochemistry of the granitic massif of Gabal El Abyad, SED, Egypt. The int. congr. for stat., comp. Sci, Soc. and demog. research, sci comp. center, Ain Shams University.
14- Basta, E.Z., Kotb, H. and Awadalla M.F. (1979): Petrochemical and geochemical characteristics of the Dokhan formation at the type locality Gabal Dokhan, ED, Egypt, IAC,. Jeddah.
15- Dabbous, A., Awadallah, M.A, El Kammar, A and Selim, S. (1988): Geochemical classilfications of some lower Tertiary limestones and shales from upper Egypt as raw materials for portland cement industry, 1st conf. geochem., Fac., Sci, Alex., university.
16- Dardir, A., Awadallah, M.F. and Abu Zeid, K. (1982): A new contribution to the geology of Gabal Dokhan volcanics, E.D., G.S. annals.
17- El Arif, M. Awadallah, M.F. and Ahamed, S. (1986) Karst landform development and related sediments in the Miocene rocks of the Red Sea coastal Zone, Egypt , Geolische Rundschau 72-13.
18- El Beshtawy, M.K. (1989): Biostratigraphical and paleo environmental studies on the late Cretaceous-Early Tertisary of the region between Wadi Tayiba and Wadi Feiran, W.C. Sinai, Egypt. M. Sc., Banha Fac. of Seience.
17- El-kammar, A., Selim, S. and Awadallah, M.F (1981): Mineralogical and geochemical specilfications of some portland cement raw matevials from Upper Egypt. Sci pub., Fac. Sei, Cairo Univ.
20- Hamimi, Z. (1988): Geology and strutcture of Gabal El-Hadid area, E.D. Egypt, M.Sc. Fac. Sci., Banha.
21- Mohanna, A. (1988): geological and radiometric investigations on some minerals in Sinai, Egypt, M. Sc. Thesis, Suez Canal University.
22- Shaalan, M.B., Awadallah, M.F. and Khalil, M. (1984): Mineralogy of El Heiz ferruginous sandstones, B.O., WD., Egypt. J. Geol., vol 28.
23- Shaalan, M.B. and Awadallah, M.F. (1985): Petrography and geochemistry of Ghada volcanics, Darb-El Bahnsawy, WD. Egypt., Bull. Fac-Sci., Cairo University.
24- Shaalan, M.B., Awadallah, M.F. and Wetait, M.A. (1985): Barite mineralization in wadi Arab, Aswan area, Egypt., Bull. Fac. Sci, Cairo Univ.
25- Shaalan, M.B. and Awadallah, M.F. (1986): Opaque mineralogy and petrochemistry of some Quaternary basalt, North Sanaa YAR, G.S. annals.
26- Takla, M.A., Awadallah, M.F., Shaalan, M.B. and wetait, M.A. (1990)

geology, mineralogy and geochemistry of the metamorphic rocks of south Taba area. Bull. Fac-Sci, Menoufia.

ـ كتب ـ

1- Almond, D.C. and Whitten, D.G.A. (1976): Rocks, minerals and crystals, Hamlyn, England.
2- Arnold, C.A. (1947): Introiuction to Paleontology, Newyork, McGraew-Hill.
3- iateman, A.M. (1950): Economic Minral Diposits, 2nd ed. Newyork, Wiley.
4- iBeirbower,iR. (1960): Search for the Past. Englewood Cliffs, N.J., Prentice-Hall.
5- Berry, L.G., iason, B. and Dietrich, R.V. (1983): Mineralogy: Concepts, Destinctions, Determinations, 2nd ed. San Francisco, W.H. Freeman.
6- Casanova, R. (1970): An illustrated guide to Fossil Collecting, Healdsburg, Calif, Naturegraph.
7- Deer, W.A., Hawie, R.A. and Zussman I. (1963): Rock forming minerals, John Wiley, Newyork.
8- Dietrich, R. V. (1980): Stones: their collecion, identification and uses. San Francisco, Freeman.
9- Dietrich, R.V. and wicander, R. (1983): Minerals, rocks and fossils, N.Y., wiley.
10- Dietrich R.V. and Skinner, B.J. (1979): Rocks and rock minerals, Newyork, Wiley.
11- Fenton, C. L. and Fenton, M.A. (1958): The Fossil Book, N.Y., Hrper.
12- Fleischer, M. (1980): Glossary of mineral species, Tucson, Ariz. Flint, R. F. and Skinner, B.J. (1976): Physical geology, N.Y., Wiley Goldschmidt, V.M. (1974): Geochemistry, Oxford Univ. Press.
13- Garrels, R.M. (1951): A textbook of geology, N.Y. Harper.
14- Hume, W.F. (1932): Geology of Egypt. Survey of Egypt.
15- Kummel, B. and Raup, D. (1955): Handbook of paleontological techniques, San Francisco, Freeman.
16- Matthews, W.H., (1962) Fossils: an inroduction to Prehistoric life, New york, Barnes and Noble.
17- Mitchill, R.S. (1979): Mineral names, what do they means? N.Y., Van Nostrand Reinhold.
18- Pettijohn, F.J. (1949): Sedimentary rocks, N.Y., Harper.

19- Rankama, A., and Sahama, G. (1950): Geochemistry, Univ. Chicago Press.
20- Romer, A. (1966): Vertebrate Paleontology, Univ. of Chicago Press.
21- Said, R. (1962): Geology of Egypt, Elsv., Amistradam.
22- Smirnov, V.I. (1976): Geology of mineral deposits, Mir, Moscow.

(كتب بالعربية)

٢٢ ــ محمد عز الدين حلمى (   ) : علم المعادن ـ مكتبة الانجلو المصرية .

٢٣ ــ محمد فتحى عوض الله (١٩٦٧) الحديد فى مصر ـ المؤسسة المصرية للنشر ـ القاهرة .

٢٤ ــ محمد فتحى عوض الله (١٩٦٨) : الفحم فى مصر ـ المؤسسة المصرية للنشر ـ القاهرة .

٢٥ ــ محمد فتحى عوض الله (١٩٦٩) : المصادر الطبيعية للطاقة والسعار العالمى ، المؤسسة المصرية النشر ، القاهرة .

٢٦ ــ محمد فتحى عوض الله (١٩٧٠) : أبو سمبل بين الصخر والإنسان ـ دار المعارف ـ القاهرة

٢٧ ــ محمد فتحى عوض الله (١٩٧٣) : الفضاء والشهب ـ دار الكاتب العربى ـ القاهرة .

٢٨ ــ محمد فتحى عوض الله (١٩٧٤) : الفوسفات والفلاح ـ دار الكاتب العربى ـ القاهرة .

٢٩ ــ محمد فتحى عوض الله (١٩٧٧) : زحف الصحراء ـ دار المعارف ـ القاهرة (كتابك) .

٣٠ ــ محمد فتحى عوض الله (١٩٧٨) : الطاقة ـ دار المعارف ـ القاهرة (كتابك) .

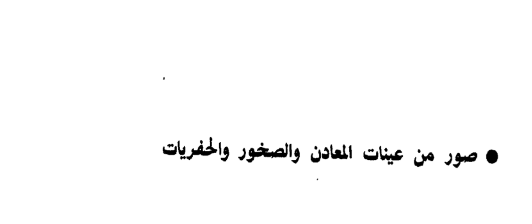
٣١ ــ محمد فتحى عوض الله (١٩٧٨) : الماء ـ دار الكاتب العربى ـ القاهرة .

٣٢ ــ محمد فتحى عوض الله (١٩٧٨) : الفضاء فى خيال الأدباء ـ دار المعارف ـ القاهرة (اقرأ) .

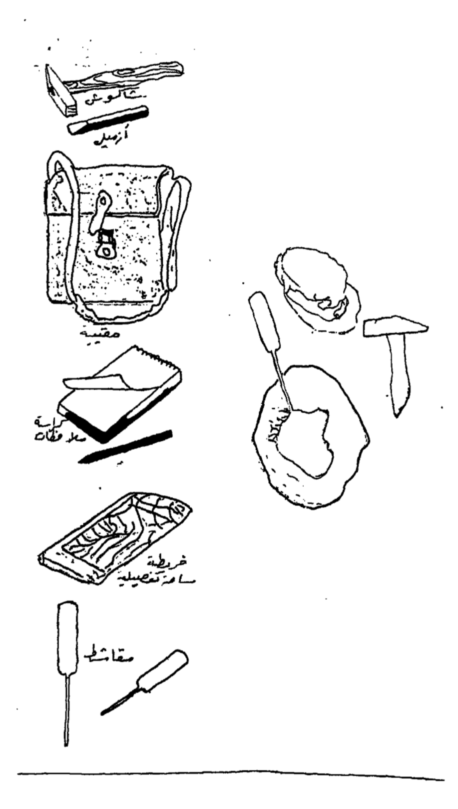
٣٣ ــ محمد فتحى عوض الله (١٩٨٠) : الانسان والثروات المعدنية ـ عالم المعرفة ـ الكويت .

٣٤ ــ محمد فتحى عوض الله (١٩٨١) : محاضرات فى الجيولوجيا ـ دار المعارف ـ القاهرة .

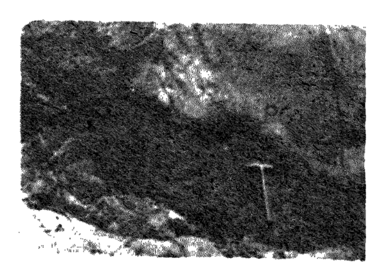
٣٥ ـ محمد فتحي عوض الله (١٩٨١) : براكين مصر ـ دار المعارف ـ القاهرة .
٣٦ ـ محمد فتحي عوض الله (١٩٨٢) : معادن الزينة ـ دار المعارف ـ القاهرة (اقرأ) .
٣٧ ـ محمد فتحي عوض الله (١٩٨٣) : نشأة الكون ووحدة الخلق ـ دار المعارف ـ القاهرة .
٣٨ ـ محمد فتحي عوض الله (١٩٨٨) : النهر ـ تاريخ حياة ـ الهيئة المصرية العامة للكتاب ـ القاهرة .
٣٩ ـ محمد فتحي عوض الله (١٩٨٩) : الرمال ـ بيضاء وسوداء وموسيقية ـ الهيئة المصرية العامة للكتاب ـ القاهرة .
٤٠ ـ محمد فتحي عوض الله (١٩٨٩) : رحلة إلى اسكتلندة ـ دار المعارف ـ القاهرة (اقرأ) .
٤١ ـ محمد فتحي عوض الله (١٩٩٢) : المرشد الجيولوجي في المعادن والصخور والحفريات ـ دار المعارف بمصر .
٤٢ ـ محمد فتحي عوض الله (١٩٩٢) : المعادن والصخور والحفريات ـ هيئة الكتاب بمصر .
٤٣ ـ محمد يوسف حسن وسمير عوض (١٩٧٤) : الثروة المعدنية في العالم العربي ـ القاهرة .
٤٤ ـ ممدوح عبد الغفور حسن (١٩٧٩) : الرواسب المعدنية . مكتبة الانجلو ـ القاهرة .



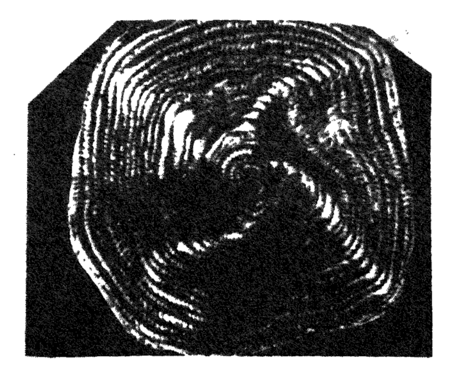
● صور من عينات المعادن والصخور والحفريات



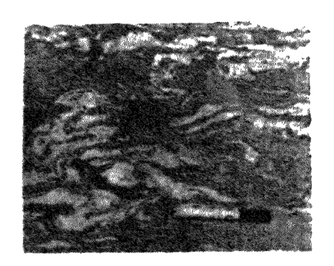
التجهيزات اللازمة فى الحقل لهواة ودارسى المعادن والصخور الحفريات



الشكل ١ ــ
عينة يدوية لصخر جرانيتى بجماتايتى يحتوى على جسم غريب من الجابرو المتحول . من وادى حزيمة بجنوب سيناء



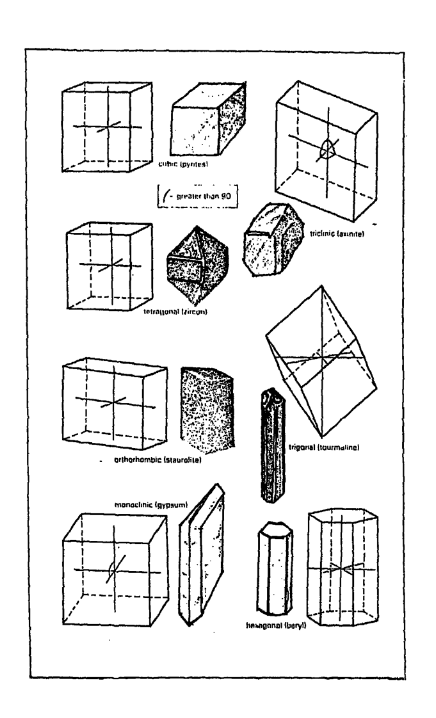
الشكل ٢ ــ
حفريات من النميات الجيزاوية التى يشيع وجودها فى جبل المقطم واحجار الهرم . من وادى وزر ـ فيران ـ بجنوب سيناء .



الشكل ٣ –
عينة يدوية من صخور النايس الجهاتايتى معاد طيها من وادى مقبلة ، منطقة طابا - جنوبى سيناء .



الشكل ٤ –
عينة يدوية من الماجنتايت - هيماتايت من تكوين جبل الحديد بجنوب الصحراء الشرقية ، وتبدو فى العينة كسرات من جاسبار .

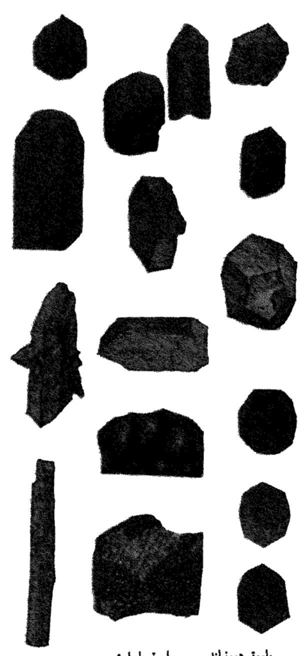


الفصائل البلورية

١ ــ المكعب ٢ ــ الرباعى

٤ ــ أحادى الميل ٥ ــ ثلاثى الميل ٦ ــ الثلاثى

٧ ــ السداسى .

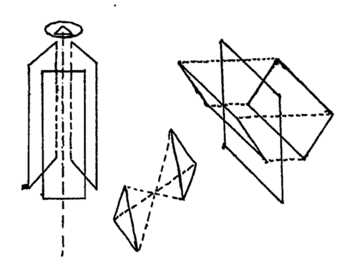


جالينا   بلورة هورنبلند   بلورة بايرايت

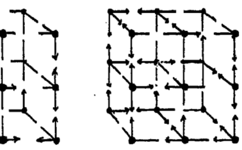
بلورات جارنت   بلورة تورمالين ، بلورة أرثوكلاز   بلورة باريت

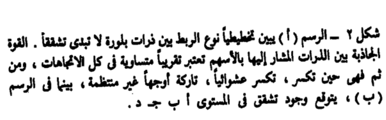
بلورة هيماتايت   بلورات زنكلبد وفلورايت   بلورة أوجايت

بلورة أباتايت   بلورة جبس   بلورة كياتايت

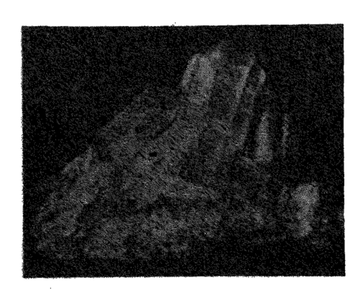


شكل ١ ـ عناصر التماثل أو التناسق البلورى
أ ـ مستوى التماثل
ب ـ محور التماثل
جـ ـ مركز التماثل

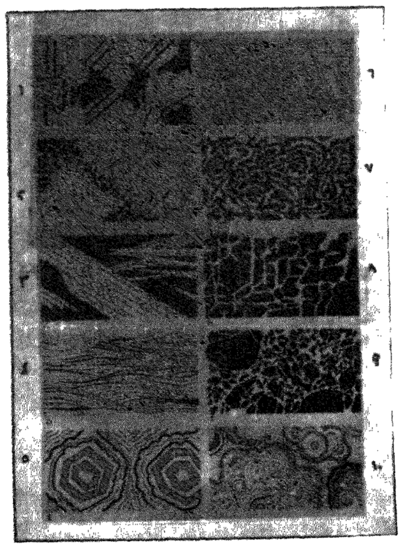




شكل ٢ ـ الرسم (أ) يبين تخطيطياً نوع الربط بين ذرات بلورة لا تبدى تشققاً . القوة الجاذبة بين الذرات المشار إليها بالأسهم تعتبر تقريباً متساوية فى كل الاتجاهات ، ومن ثم فهى حين تكسر ، تكسر عشوائياً ، تاركة أوجهاً غير منتظمة ، بينما فى الرسم (ب) ، يتوقع وجود تشقق فى المستوى أ ب جـ د .



شكل ٣ ـ بلورات مرو ، المعدن الشائع تواجده فى صخور القشرة الأرضية .



انواع مختارة من أنسجة الخامات (Selected types of ore textures)

١ ــ أنسجة متساوية الحبيبات Even-grained textures)

٢ ــ أنسجة غير متساوية الحبيبات Uneven-grained)

٣ ــ أنسجة انسيابية الصفائح Laminar

٤ ــ أنسجة ليفية Fibrous

٥ ــ أنسجة نطاقية Zoned

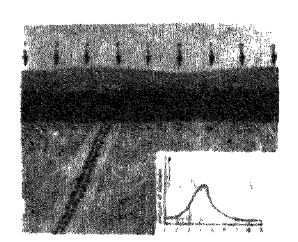
٦ ــ أنسجة منسقة بلوريا Grystallographic Oriented

٧ ــ أنسجة تنامى متزاحم Closely intergrown

٨ ــ أنسجة احلالية Replacement

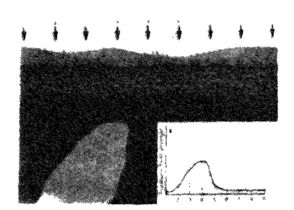
٩ ــ أنسجة حطمية أو تهشمية Crushing

١٠ ــ أنسجة كروية على شكل حلمات الأثداء Collform



البحث عن المعادن

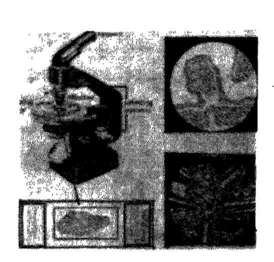
١ ـ البحث عن المعادن بالطرق الجيوكيميائية ، حيث تجمع العينات من أماكن محددة كما تشير الأسهم فى الشكل ثم تحلل وتوقع النتائج على رسم بيانى حيث تشير القيمة عند الموقع (٤) لمكان العرق تحت السطح .



٢ ـ البحث عن المعادن بالطرق الجيوفيزيائية ، والطريقة المغناطيسية واحدة منها ، حيث تجمع قراءات شدة المجال المغناطيسى المحلى من أماكن محددة كما تشير الأسهم فى الشكل وتوقع على رسم بيانى ، وتبين القمة عند الموقعين ٣ ، ٤ جسم الخام تحت السطح .



٣ ــ بعض الأدوات البسيطة اللازمة للتعرف المبدئى على المعدن من حيث خواصة الكيميائية الوصفية .

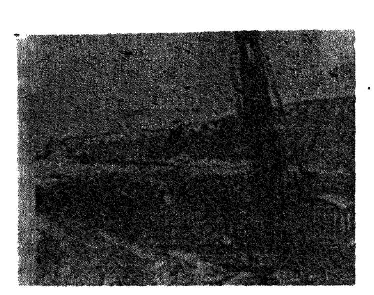


٤ ــ دراسة المعادن فى الصخور تحت المجهر المستقطب . وترى العينة وقد قطعت رقيقة فوق شريحة زجاجية وتبدو فى الصورة (أ) تحت الضوء العادى وفى الصورة (ب) تحت الضوء المستقطب .

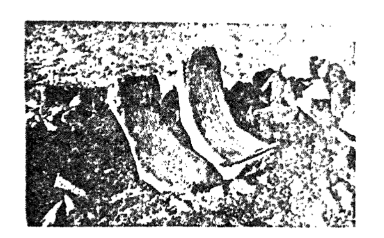


استغلال المعادن فى مصر

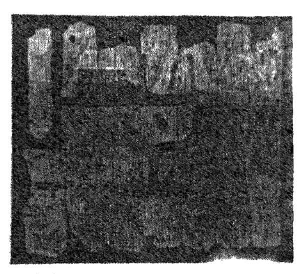
الشكل ١ ـ استخلاص الفلزات فى مصر القديمة .



الشكل ٢ ـ استغلال خامات الحديد فى الواحات البحرية بطريقة المنجم المكشوف فوق سطح الأرض (Opencast)



الشكل ٣ ــ محكات فرعونية وجدت بجوار منجم أم الروس لاستخراج الذهب فى الصحراء الشرقية . كان الفراعنة غالبا أول من استخرج الذهب فى العالم وعرفوا له قرابة مائة موقع فى صحراء مصر ، لم يضف إليها جديد حتى اليوم . وكانوا يستخدمون مثل ذلك المحك لسحق وتنعيم حجر المرو شديد الصلابة حتى يحيلونه ناعما كالطحين ، ثم يلتقطون منه بعد ذلك لقطات الذهب ، أو هم يفصلونها عنه بالتعويم فى تيار ماء .



الشكل ٤ ــ أول خريطة تعدينية فى العالم لمنجم ذهب ، والمنطقة المحيطة به ، والطرق المؤدية إليه من وادى النيل ومن ساحل البحر الأحمر . والمنطقة والمنجم بالصحراء الشرقية المصرية ، لم يستقر الرأى على موقعها المحدد فى دنيا اليوم . . والخريطة مرسومة على بردية تقطعت إلى سبعة أجزاء ، وإن يكن أعيد ربطها وتجميعها . وهى محفوظة بمتحف « تورين » بإيطاليا .

بعض أنواع الصخور

جرانيت ـ عينة يدوية وتحت المجهر .

رايولايت انسيابى ـ عينة يدوية وتحت المجهر ، بريشه

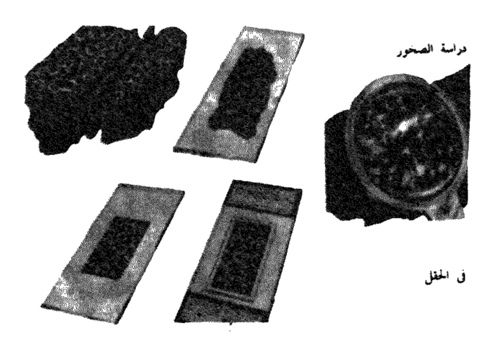
أوبسيديان (زجاج) لاحظ المكسر المحارى

جابرو ـ عينة يدوية وتحت المجهر

بازلت لوزانى عينة يدوية وتحت المجهر

نايس شيست

هورنفلس رصيص

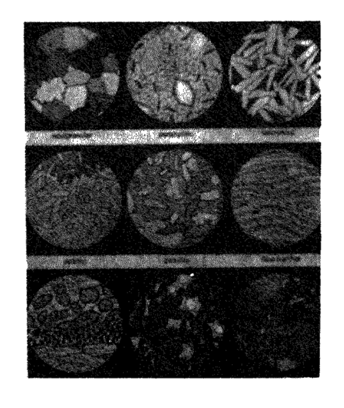


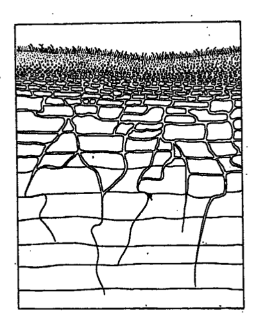
دراسة الصخور

في الحقل

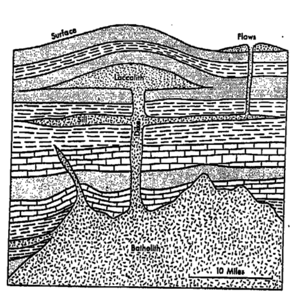
في المعمل

بعض أنسجة الصخور النارية :

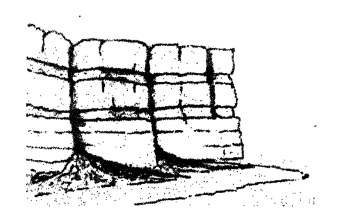




فوق : شكل تخطيطى يوضح التربة وصخر الأديم أو الأساس ومابينهما من تدرج فى شكل المادة .

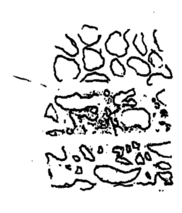


تحت : شكل تخطيطى مركب يظهر العلاقة بين الأشكال المختلفة التى تتواجد بها الصخور النارية الجوفية فى طبقات القشرة الأرضية .



الشكل أ : الصخور الرسوبية كما تتبدى فى الشاطىء الصخرى عند منطقة عجيبة بالقرب من السلوم .

(نماذج من أنسجة الصخور الرسوبية)



الشكل ب : رواسب فتاتية :

١ ــ حبيبات جيدة الفرز مستديرة متماسكة ، الفجوات كبيرة مملوءة بالملاط ـ رواسب ناضجة .

٢ ــ كسرات متماسكة رديئة الفرز والاستدارة ، الفتات الناعم يقلل من المسافات ـ رواسب متوسطة النضج .

٣ ــ فرز ردىء ، كسرات كبيرة وصغيرة فى أرضية طينية وقليل من الملاط ـ رواسب غير ناضجة .



رواسب كيميائية

٤ ــ نسيج متداخل ، تكون بالترسيب فى بحر مالح ، أتبع بإعادة تبلور بعض ما ترسب .

٥ ــ نسيج بطروخى ، فى الأحجار الجيرية والحديدية . ترسيب الكربونات والسيليكات حول حبات رمال على قاع البحر .

٦ ، ٧ ـ مادة هياكل النبات والحيوان ، حفظت فى مواقع متنامية ، ملئت المسافات بينها بفتات عضوى ، وملاط كالأحجار الجيرية المرجانية .

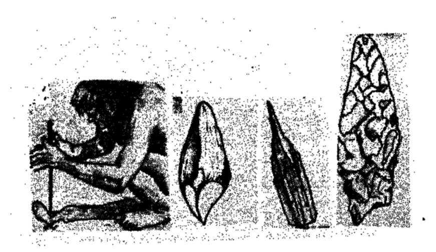
انسجة احلالية

٨ ــ حجر جيرى كالسيتى $Ca\ Co_3$ ، ترك مكانه لمعينيات دولومايت $Ca\ Mg\ (CO_3)_2$ ترسبت من محاليل متخللة .



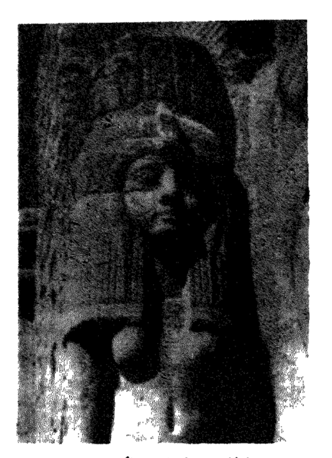
الشكل جـ :

معادن الطين الصفائحية كما ترى تحت المجهر الالكترونى مكبرة ٢٧ ألف مرة . .

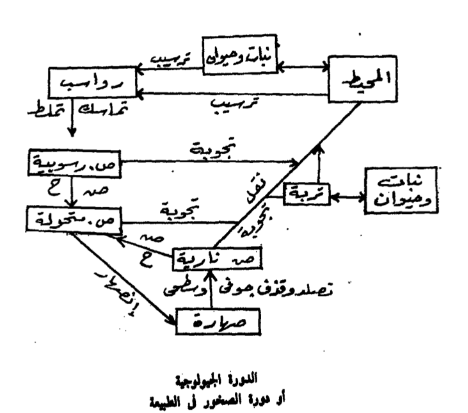


ـ أدوات الانسان الأول كانت من معادن الأرض تحت قدميه ، من الظران والزلط . . ومن الأحجار كانت الشرارة الأولى .

ـ وحضارات الانسان طُراً ، ارتبطت بالمعادن والأحجار . من العصر الحجرى إلى البرونزى إلى . . عصر الفضاء . . ولم يجد الانسان أخلد من الصخور ليسجل عليها ابداعاته منذ القدم وحتى اليوم . . وهنا تمثال نفرتارى جميلة الجميلات ، وقَدْ قُدَّ من الحجر الرملى النوبى ، وخلد الفنان المصرى القديم فيها وبالحجر والأزميل ، الصورة الانسانية العابرة والوجه البشرى الزائل فوق الأبعاد الثلاثة المعروفة . كذلك ترك لنا النحات المصرى القديم على نوعية من أحجار مصر وصخورها ، تمثال الجمال ليتمل من أراد فى محيا المرأة وجسدها ، وذلك العنصر الإلهى الخالد الذى يبقى منها بعد انحلال المادة وفناء الجسم . . وان يكن الفنان قد استغل صخراً صلداً ، إلا أنه ألبس المرأة ثوباً شفافاً تبدو فيه أنوثتها كأنها حلم من ضباب . .

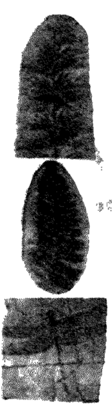


وما زلنا نصنع التماثيل من الأحجار والصخور



الدورة الجيولوجية
أو دورة الصخور في الطبيعة

بعض أنواع الحفريات



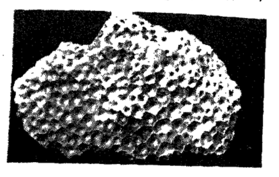
عشب متحجر



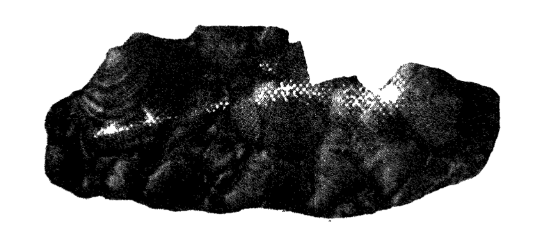
طبعة ذو الفصوص الثلاثة في صخر الكمبري .

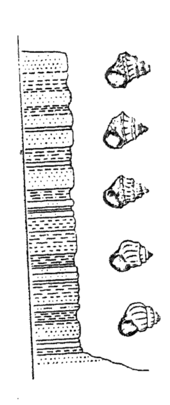
التحفر بالتكربن وبالعنبرة

طبعة طبق الأصل لجزء شجرة ليبيدودندرون

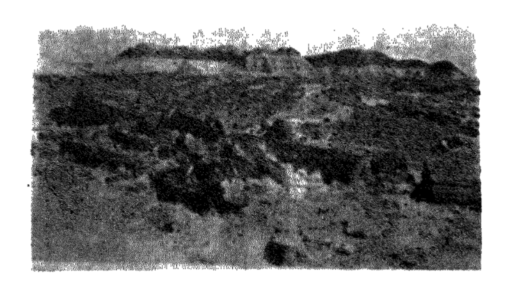


بقايا حفرية لمستعمرة مرجانية

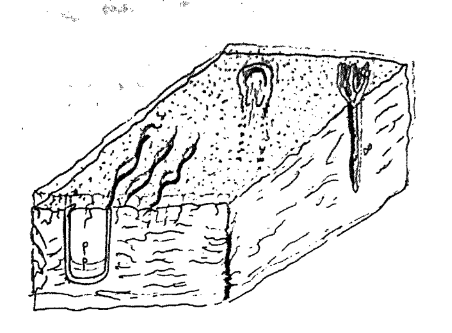




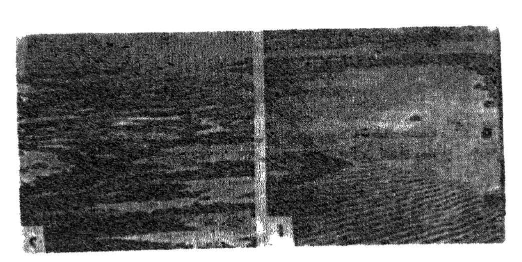
تغيرات تطورية فى المحفرية
من طبقة رسوبية إلى أخرى .



في الطريق إلى الواحات البحرية ، وبالقرب من المعادى ، توجد بقايا غابات متحجرة ، كشفت عوامل التعرية فيها بما أكلت وأزاحت من طبقات لينة ، عن أغصان وجذوع الأشجار وقد تحجرت .



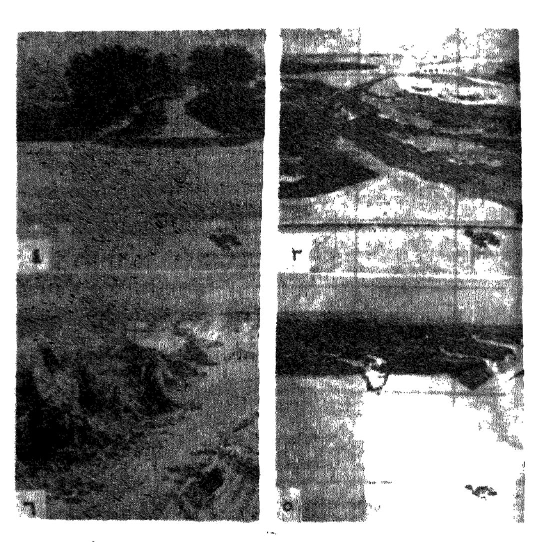
الحفر والنقر وآثار الزواحف وفجوات الغذاء .. كلها تعمل عمل الحفرية .



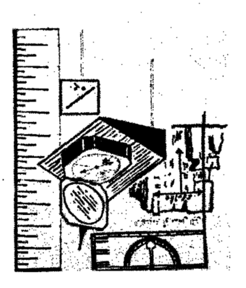
مجموعة رسوم تظهر تتابع الأحداث منذ دفن حيوان إبان الدور الثلاثي من حقب الحياة الحديثة وحتى اكتشافها بواسطة إنسان . من ١ إلى ٤ ربما مثلت تمثيلاً جيداً الفترة من الأيوسين وحتى الميوسين . وأما ٥ ، ٦ فتمثل رفع الأرض ، ومن ثم التجوية خلال أواخر فترة الميوسين ، على النحو التالى :

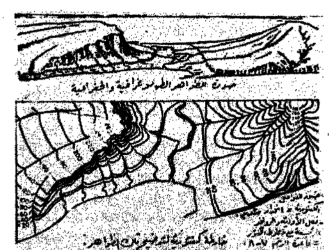
١ ــ هبطت السيول الفيضانية من فوق الجبال إلى المنخفض بينها ، حاملة الرمال والغرين .

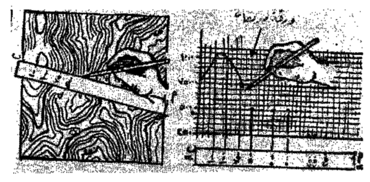
٢ ــ أقلعت السماء ، وبلعت الأرض ماءها فهات الفيضان . وترى عظام حيوان لامعة تحت الشمس .



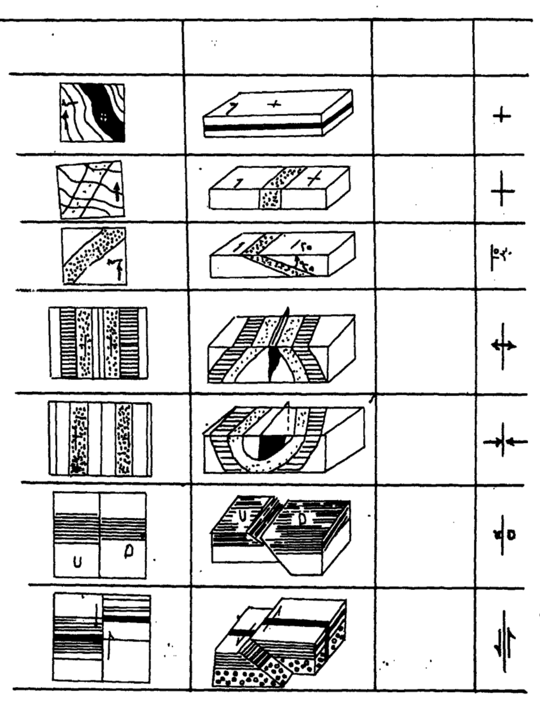
٣ ــ اضافات جديدة للرواسب من فيضانات متتالية دفنت وحفظت الهيكل ، وبدأ تحجر العظام بفعل ما تحمله المياه الجوفية من معادن .
٤ ــ ومع الوقت تنخفض هامات الجبال بالتعرية ويعمق الهيكل باستمرار الاضافات .
٥ ــ حدث رفع أقليمى ، أدى إلى تجوية حوض الترسيب ، وبدأت الغطاءات الرسوبية تتعرى .
٦ ــ ونحتت التعرية أعمق ، فعرّت العظام التى اكتشفها انسانا بارزة من طباق الصخر . .



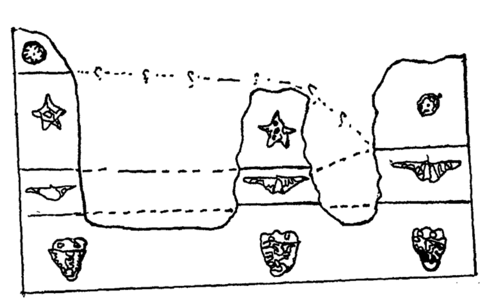




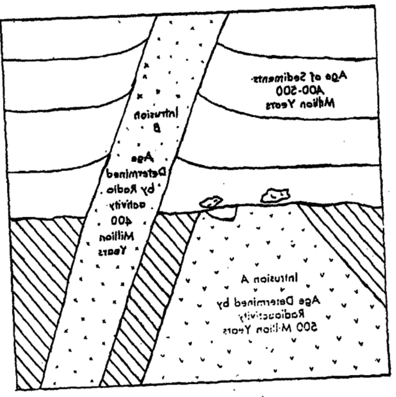
طريقة رسم القطاع الجيولوجى (البروفيل)



بعض رموز الخصائص الكونتورية أو البنائية ، وما تعبر عنه ، وكيفية ظهورها على الخريطة .



مضاهات الطبقات على أساس محتواها من الحفريات



التأريخ للرسوبيات بواسطة التدخل المبكر والمتأخر للأجسام النارية

الفهـرس

الباب الرابع : الحفريات

الباب الخامس : الخرائط :

الباب السادس : جداول التعرف على المعادن والصخور :

الباب السابع : الزمان الجيولوجى :

* * *

مطابع الهيئة المصرية العامة للكتاب

رقم الإيداع بدار الكتب ١٩٩٤/٢٣٥١

ISBN 977- 01- 3737 - 5

يُعد هذا الكتاب مدخلاً علمياً مبسطاً لدراسة المعادن والصخور والحفريات. وهو إشباع لحاجة دارسى علوم الأرض فى بدايات مدارجهم العلمية دون إخلال بالمضمون العلمى الدقيق. كما أن هذا الكتاب يسد فراغاً فى المكتبة العلمية المبسطة لهواة العلم ومريديه من ذوى الثقافات المختلفة والمتنوعة.

٧٠٠ قرشا

مطابع الهيئة المصرية العامة للكتاب